ENTOMOLOGIA:

Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos

Clécio Danilo Dias da Silva
Henrique Rafael Pontes Ferreira
(Organizadores)

ENTOMOLOGIA:

Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos

Clécio Danilo Dias da Silva
Henrique Rafael Pontes Ferreira
(Organizadores)

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Daphynny Pamplona
Gabriel Motomu Teshima
Luiza Alves Batista
Natália Sandrini de Azevedo
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS
E DA SAÚDE
Atena
Editora
Ano 2022

Entomologia: diversidade e evolução dos insetos

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Clécio Danilo Dias da Silva
Henrique Rafael Pontes Ferreira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E61 Entomologia: diversidade e evolução dos insetos / Organizadores Clécio Danilo Dias da Silva, Henrique Rafael Pontes Ferreira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-955-1
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.551221802

1. Entomologia. 2. Ciência. 3. Insetos. I. Silva, Clécio Danilo Dias da (Organizador). II. Ferreira, Henrique Rafael Pontes (Organizador). III. Título.

CDD 595.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

APRESENTAÇÃO

Entomologia! Trata-se da Ciência que se dedica a estudar os insetos. Eles são pequenos invertebrados incluídos na classe Insecta (Hexapoda: Arthropoda) e constituem-se no grupo de seres vivos com maior abundância e diversificação nos ecossistemas terrestres, sendo encontrados em diversos habitats, como regiões frias, áridas, florestas, desertos, montanhas, cavernas, dentre outros. Esses organismos possuem importância ecológica, médica, agrícola e forense, por isso, pode-se dizer que os insetos de maneira direta ou indireta detém grande relevância para os seres humanos.

Assim, o E-book "Entomologia: estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos" é a mais recente iniciativa da Atena Editora no sentido de difusão de conhecimento sobre a entomologia. O livro está dividido em quatro capítulos, os quais apresentam revisões sobre espécies de importância forense, efetividade de óleos essenciais para o controle do *Aedes aegypti*, aspectos fisiológicos do mosquito *Culex quinquefasciatus* e diversidade de cupins em uma floresta no estado do Pará.

Dessa forma, almeja-se com essa obra disseminar estudos relevantes e ampliar os horizontes dessa área, ofertando saberes para capacitação através da aquisição de conhecimentos técnico-científicos de vanguarda praticados por distintas instituições em âmbito nacional, estimulando pesquisadores, professores, estudantes e profissionais com o estudo dos insetos e sua importância ambiental e médica. Desejamos a todos uma excelente leitura!

Clécio Danilo Dias da Silva
Henrique Rafael Pontes Ferreira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

INSETOS DE IMPORTÂNCIA MÉDICA

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 08/11/2021

Francisco Bernardo de Barros
Universidade Federal do Cariri, Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade
Crato-CE
https://orcid.org/0000-0001-8093-9920

Francisco Roberto de Azevedo
Universidade Federal do Cariri, Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade
Crato-CE
https://orcid.org/0000-0002-6953-6175

Estelita Lima Cândido
Universidade Federal do Cariri, Faculdade de Medicina.
Barbalha-CE
https://orcid.org/0000-0001-9434-2930

RESUMO: Os insetos são artrópodes de grande sucesso evolutivo, que colonizam todos os ecossistemas terrestres e desempenham papel fundamental na manutenção do equilíbrio ecológico. No entanto, várias espécies podem provocar danos à saúde humana. Este artigo aborda sobre a bioecologia, danos à saúde humana e formas de controle dos insetos. É visto que das 28 ordens de insetos conhecidas, oito apresentam espécies de insetos capazes de causar doenças em humanos. A hematofagia é a principal forma de transmissão de patógenos desses insetos para humanos, além disso, a picada pode desencadear incômodos e reações alérgicas. Espécies de moscas podem parasitar, realizar hematofagia e até mesmo provocar miíases em humanos. Algumas espécies de pulgas podem transmitir a peste bubônica. Estes insetos podem parasitar seres humanos, trazendo riscos à saúde. Espécies de piolhos podem parasitar couro cabeludo, corpo e púbis de humanos, podendo gerar infecções e desconfortos. Os acidentes envolvendo potós, abelhas e taturanas podem ser graves, já as baratas, oferecem riscos à saúde por portarem patógenos em seu corpo. As formas de controle envolvem métodos químicos, físicos, biológicos e culturais, além de melhorias no saneamento urbano. O manejo integrado é a melhor forma de controle dos insetos. Dessa forma, educar as populações humanas mais expostas a estes insetos sobre as formas de manejo e investir em saneamento básico e alternativas sustentáveis de controle é relevante para a promoção da saúde pública.

PALAVRAS-CHAVE: Insetos vetores, controle de insetos, saúde pública.

MEDICALLY IMPORTANT INSECTS

ABSTRACT: Insects are highly successful evolutionary arthropods that colonize all terrestrial ecosystems and play a fundamental role in maintaining the ecological balance. However, several species can cause harm to human health. This article deals with bioecology, damage to human health and ways to control insects. It is seen that of the 28 known orders of insects, eight have species of insects capable of causing diseases in humans. Hematophagy is the main form of transmission of pathogens from

these insects to humans, in addition, the bite can trigger discomfort and allergic reactions. Fly species can parasitize, perform hematophagy and even cause myiasis in humans. Some flea species can transmit bubonic plague. These insects can parasitize human beings, bringing health risks. Lice species can parasitize the scalp, body and pubis of humans, causing infections and discomfort. Accidents involving potós, bees and caterpillars can be serious, as cockroaches pose health risks for carrying pathogens in their body. The forms of control involve chemical, physical, biological and cultural methods, in addition to improvements in urban sanitation. Integrated management is the best way to control insects. Thus, educating the human populations most exposed to these insects about ways of handling and investing in sanitation and sustainable control alternatives is relevant to the promotion of public health.
KEYWORDS: Vector insects, insect control, public health.

1 I INTRODUÇÃO

Vários insetos são vetores de doenças que atingem a população humana. Estima-se que das cerca de um milhão das espécies conhecidas, 1% interage de forma negativa com os humanos (DESUÓ et al., 2010) e algumas são causadoras de doenças por serem vetores de microrganismos parasitas como vírus e protozoários presentes em certos mosquitos e besouros. Dependendo da forma como a interação ocorre, podem provocar reações alérgicas, irritações, queimaduras, feridas e necroses (NEVES et al., 2016).

Estes insetos representam um sério problema para a saúde pública, especialmente no que diz respeito aos vetores de microrganismos. Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS, 2019), as arboviroses, são mais preocupantes por estarem presentes principalmente em países em desenvolvimento e demandarem elevados custos para o seu combate, destacando que somente nas Américas cerca de 145 milhões de pessoas estão vulneráveis a contrair malária, por exemplo. No Brasil, estas doenças constituem sério problema de saúde pública, sendo notificados no país apenas em 2019 para as principais arboviroses, 1.544.987 casos de dengue, 132.205 de chikungunya e 10.768 de casos zika (BRASIL, 2020).

Alguns fatores podem impactar diretamente no aumento populacional dos insetos, como desmatamento, aumento da população humana, falta de saneamento básico e a não coleta de lixo, além de condições precárias de moradia e higiene (FINKLER, 2013). Estes fatores propiciam um ambiente adequado para que algumas espécies se reproduzam facilmente, causando sérios problemas na saúde pública.

No caso do Brasil, as arboviroses são as principais doenças causadas por insetos. No mundo, os insetos são responsáveis por elevadas taxas de morbidade e mortalidade, principalmente em países tropicais e menos desenvolvidos, que enfrentam problemas de distribuição de água potável e saneamento ambiental de qualidade (OPAS, 2014).

Dada à importância dos insetos para a saúde pública é preciso compreender mais sobre a dinâmica dos mesmos na sociedade e como realizar o seu controle. Este capítulo reúne informações sobre os insetos de interesse médico, os danos que causam em

humanos e algumas formas de controle.

Como procedimento metodológico, fez-se uso da pesquisa documental e bibliográfica, seguindo as diretrizes defendidas por Soares (2009). Trata-se, portanto, de um estudo qualitativo que reúne informações atuais com o objetivo de compreender o papel de determinados grupos de insetos na difusão de doenças que acometem o homem.

2 | ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DOS INSETOS

Os insetos tiveram grande sucesso evolutivo e vêm conseguindo sobreviver por cerca de 350 milhões de anos. Nesse sentido, Farias (2013) atribui a capacidade de voo, adaptabilidade, exoesqueleto, pequeno tamanho, metamorfose, tipo especializado de reprodução, dentre outras características como vantagens que possibilitaram a sobrevivência deles. Estas vantagens permitem que estes artrópodes possam habitar os mais variados habitats (GOMES et al., 2010).

O corpo dos insetos é dividido em cabeça, tórax e abdome. Possuem três pares de pernas, um par de antenas, asas (na maioria das espécies), um par de olhos compostos, simetria bilateral, aparelho bucal adaptado de acordo com sua alimentação, e ainda, sistemas digestivo, respiratório, circulatório, nervoso, sensorial e reprodutor (MESSIAS, 2011; NEVES et al., 2016). A rigidez do exoesqueleto de quitina limita o crescimento do inseto, sendo necessária uma periódica troca do tegumento até que o indivíduo atinja a fase adulta (MESSIAS, 2011).

A respiração dos insetos é traqueal, mas insetos e larvas que vivem em ambientes aquáticos podem apresentar respiração através da cutícula ou branquial (NEVES et al., 2016). O sistema circulatório é fechado no vaso dorsal e aberto nos seios pericárdicos, perivisceral e perineural e transporta hemolinfa, já os resíduos nitrogenados são excretados em forma de ácido úrico pelos tubos de Malpighi (FARIAS, 2013).

A reprodução dos insetos pode ocorrer de maneira sexuada ou assexuada e dependendo das condições ambientais e da disponibilidade de recursos, as fêmeas aladas podem retardar a fecundação dos ovos desenvolvidos após a cópula até o surgimento de melhores condições de desenvolvimento da sua prole (FARIAS, 2013). A presença de espermateca pode garantir a produção de ovos durante toda a vida da fêmea, pois dependendo da espécie, dentro da espermateca os óvulos podem ficar viáveis por horas ou até anos (GOBIN et al., 2006).

Todas as adaptações adquiridas pelos insetos os permitem sobreviver em condições extremas como frio ou calor excessivo, chuva e seca, dentre outras condições ambientais (GOMES et al., 2010). No que diz respeito às temperaturas ideais para o desenvolvimento, Gallo et al. (2002) aponta para uma temperatura ótima em torno de 25 a 38 °C, acima disso, pode ocorrer a estivação temporária e com menos de 15 °C o inseto entra em hibernação, conseguindo resistir a até -20 °C.

O balanço hídrico, especialmente em insetos que, pelo menos em uma fase do seu ciclo depende de água para sobreviver, pode implicar em situações em que o aumento ou a redução de uma determinada população pode ser definido de acordo com a disponibilidade hídrica de uma localidade (GALLO et al., 2002). Dessa forma, alterações nos regimes de chuvas decorrentes das mudanças climáticas podem causar desequilíbrios nas populações de insetos, favorecer o surgimento de novos insetos pragas e até mesmo, permitir que algumas espécies percam importância econômica (AUAD; FONSECA, 2017).

3 I OS INSETOS E OS DANOS PROVOCADOS À SAÚDE HUMANA

Das 28 ordens de insetos existentes, ao menos oito apresentam espécies que podem representar ameaça para humanos. Mesmo assim, são poucas as espécies com essa capacidade, considerando a grande variedade de insetos. As espécies de interesse médico presentes nestas oito ordens serão descritas a seguir. O quadro 01 resume as classificações dessas espécies.

Ordens	Famílias	Principais espécies
Hemiptera	Reduviidae	*Triatoma infestans* Klug
		Triatoma brasiliensis Neiva
		Panstrongylus megistus Squares
		Triatoma sordida Stal
		Panstrongylus geniculatus Latreille
	Cimicidae	*Cimex lectularius* Linnaeus
		Cimex hemipterus Linnaeus
Diptera	Psychodidae	*Lutzomyia longipalpis* Lutz & Neiva
		Phlebotomus papatasi Scopoli
	Culicidae	*Anopheles* spp
		Aedes aegypti Linnaeus
		Aedes albopictus Skuse
	Ceratopogonidae	*Culicoides paraensis* Goeldi
	Simuliidae	*Simulium* spp
	Calliphoridae	*Cochliomyia hominivorax* Coquerel
	Sarcophagidae	*Peckia* spp
	Muscidae	*Musca domestica* Linnaeus
	Glossinidae	*Glossina palpalis* Vanderplank
		Glossina morsitans Westw
	Cuterebridae	*Dermatobia hominis* Linnaeus Jr
Siphonaptera	Tungidae	*Tunga penetrans* Linnaeus
	Pulicidae	*Pulex irritans* Linnaeus
		Xenopsylla cheopis Roths

Phthiraptera	Pediculidae	*Pediculus capitis.* Linnaeus
		Pediculus humanus. Linnaeus
	Phthiridae	*Pthirus pubis.* Linnaeus
Coleoptera	Staphylinidae	*Paederus irritans* Chapin
Blattodea	Blattidae	*Blatella germanica* Linnaeus
		Periplaneta americana Linnaeus
		Blatta orientalis Linnaeus
Hymenoptera	Apidae	*Apis melífera* Linnaeus
Lepidoptera	Saturniidae	*Lonomia obliqua* Walker
		Lonomia achelous Cramer
	Arctiidae	*Premolis semirufa* Pararama

Quadro 01. Classificação das principais espécies de insetos de interesse médico

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.1 Ordem Hemiptera

Os representantes dessa ordem possuem aparelho bucal do tipo picador-sugador pungitivo e alguns insetos se alimentam de sangue. As subfamílias Triatominae e Cimicinae possuem as principais espécies que causam doenças em humanos.

Os triatomíneos são popularmente conhecidos por "barbeiros" e são portadores dos protozoários *Trypanosoma cruzi* e do *T. rangeli,* agentes infecciosos da Doença de Chagas. As espécies *T. infestans, T. brasiliensis, P. megistus, T. sordida e P. geniculatus* constituem os principais vetores desses microrganismos no Brasil (NEVES et al., 2016). A transmissão ocorre, principalmente, através do contato com as fezes contaminadas dos triatomíneos e afeta cerca de 1,9 milhões de brasileiros, sem possuir cura definitiva nem vacina (RASSI et al., 2010; NEVES et al., 2016).

Os cimicídeos são hematófagos de mamíferos. No Brasil, as espécies *Cimex lectularius* e *Cimex hemipterus* realizam hematofagia em humanos, sendo conhecidos por "percevejos de cama", pois costumam viver em colchões e poltronas (NEVES et al., 2016). A picada durante o sono da vítima pode gerar desconfortos e reações alérgicas, além de poder desencadear a cimidíase, caracterizada por múltiplos pruridos na pele (ANDRADE; SAMPAIO, 2020).

3.2 Ordem Diptera

Estão incluídos nessa ordem, moscas, mosquitos, varejeiras, pernilongos, borrachudos e mutucas. Algumas são hematófagas e interagem ativamente com os humanos, favorecendo a transmissão de doenças (CARVALHO et al., 2012).

A família Psychodidae abriga os gêneros de importância sanitária: Lutzomyia e Phlebotomus, que reúnem espécies cujas fêmeas realizam hematofagia e transmitem protozoários do gênero Leishmania, que têm o cão (*Canis familiaris* Linnaeus) como

principal reservatório e hospedeiro, mas que também afeta outros mamíferos, incluindo os humanos (NÚNCIO; ALVES, 2014; NEVES et al., 2016). O protozoário causa a Leishmaniose Tegumentar Americana (ou cutânea) e a Leishmaniose Visceral (ou calazar), sendo registrados anualmente, cerca de 1,3 milhões de novos casos e 30 mil mortes (NÚNCIO; ALVES, 2014).

A família Culicidae abriga os insetos vetores da malária e da dengue, a primeira é transmitida pela picada de fêmeas de mosquitos do gênero Anopheles, infectadas com protozoários do gênero Plasmodium, tais como *P. vivax, P. falciparum, P. malariae e P. ovale,* já a segunda é provocada por sorotipos do vírus DENV, transmitidos pelo *Aedes aegypti* e pelo *A. albopictus* (MESSIAS, 2011). O *A. aegypti* também é vetor da Zika, Chikungunya e Febre amarela, que são arboviroses.

Recentemente uma vacina contra a malária foi aprovada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para uso em crianças (WHO, 2021). Contra a dengue existe a vacina Dengvaxia®. No Brasil, seu registro foi concedido em 2015 pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), sendo indicada para uso na prevenção da dengue causada pelos sorotipos 1, 2, 3 e 4 do vírus, em indivíduos de nove até 45 anos de idade, que já tiveram a doença e que residem em áreas endêmicas (SBMT, 2019).

As espécies das famílias Ceratopogonidae (maruins) e simulium (borrachudos) são encontradas no Brasil e em outros países e causam incômodos devido as suas picadas serem dolorosas e costumarem provocar fortes reações alérgicas (MAIA et al., 2014). Os maruins podem abrigar variedades de vírus, protozoários e filarias. A espécie *C. paraensis* pode ser encontrada no sul do Brasil (NEVES et al., 2016). Já os simulídeos podem abrigar vírus, bactérias, protozoários e filarias, podendo provocar a mansonelose e o pênfigo foliáceo (MAIA et al., 2014).

Várias espécies de moscas podem causar danos em humanos como *Glossina palpalis* e *Glossina morsintans,* conhecidas como tsé-tsé e que quando infectadas podem transmitir as subespécies do protozoário *Trypanosoma brucei* (Plimmer & Bradford.): *T. brucei gambiense* e *T. brucei rhodesiense*), provocando a Tripanossomíase Humana Africana (HAT) ou "doença do sono", em referência ao principal sintoma que indica que o agente causador se encontra no sistema nervoso central da vítima. É restrita ao continente africano e sem tratamento pode ser fatal (NEVES et al., 2016; MSF, 2021).

Algumas espécies de moscas das famílias Calliphoridae (varejeiras ou moscas da bicheira) e Sarcophagidae (moscas de cadáveres), podem causar de miíases em mamíferos, dentre elas a *C. hominivorax,* que frequentemente provoca miíases em humanos através de lesões pré-existentes. Da família Cuterebridae, mas que também pode causar danos à pele de mamíferos e humanos é a mosca do "berne" (*Dermatobia hominis*), uma vez que a larva desta espécie precisa se desenvolver dentro da pele de mamíferos, causando dor e desconforto (MESSIAS, 2011; NEVES et al., 2016).

A mosca doméstica *Musca domestica* é uma espécie da família Muscidae~~e~~ com

hábitos cosmopolitas e alimentação variada que costuma pousar em locais potencialmente contaminados, podendo abrigar em seu corpo ovos de vermes e microrganismos causadores de doenças como febre tifoide, disenterias bacilares, tuberculose, cólera e diarreia, representando risco para a saúde humana devido sua forte interação com os mesmos (MESSIAS, 2011).

3.3 Ordem Siphonaptera

Constitui-se de insetos muito pequenos, sem asas, corpo achatado e terceiro par de pernas adaptadas para o salto. Os adultos são hematófagos e parasitas obrigatórios. Nessa ordem se encontram as pulgas e os bichos-de-pé (MARTINS, 2019). As pulgas das famílias Tungidae e Pulicidae são de interesse médico. A primeira abriga espécies parasitas de suínos, cães e humanos, sendo as fêmeas grávidas de *Tunga penetrans* (bicho-de-pé) capazes de penetrar parcialmente na pele de humanos e outros animais, entre os dedos dos pés, onde se alimentam e expelem seus ovos no solo, de onde eclodem em larvas, se desenvolvem e quando adultas podem parasitar mamíferos (MESSIAS, 2011; MARTINS, 2019). Os nódulos formados pela presença do inseto na pele podem favorecer o desenvolvimento de tétano e gangrena, por exemplo.

As pulgas da família Pulicidae parasitam cães, gatos e humanos, sendo as espécies *Pulex irritans* e *Xenopsylla cheopis* de interesse médico *por* poderem abrigar em seu organismo a bactéria *Yersinia pestis* (kim.), causadora da peste bubônica (NEVES et al., 2016). *P. irritans* pode veicular peste entre humanos, já a *X. cheopis*, é comum em roedores e os transmite peste, e destes para os humanos. Abriga ainda a bactéria *Rickettsia typhi* Shape causadora do tifo murino (UFRGS, 2021).

3.4 Ordem Phthiraptera

Abriga os piolhos mastigadores e os hematófagos. Não possuem asas e são ectoparasitas permanentes. Os piolhos da cabeça (*Pediculus capitis*) que gera a pediculose; do corpo (*Pediculus humanus*) e o "chato", piolho dos pelos pubianos, axilas e sobrancelhas (*Pthirus pubis*), parasitam humanos e provocam incômodos e coceiras, sendo transmitidos entre as vítimas pelo contato físico (MARTINS, 2019). *P. pubis* pode ser transmitido ainda via relações sexuais e compartilhamento de roupas íntimas. Em casos de infestações graves pode ocorrer reações alérgicas e infecções secundárias (UFRGS, 2021).

3.5 Ordem Coleoptera

Reúne os besouros, insetos de grande importância para a agricultura e que não realizam hematofagia (FARIAS, 2013). Nesse contexto, na família Staphylinidae encontra-se o potó *Paederus irritans*, que possui toxinas em sua hemolinfa, das quais se destaca a pederina, capaz de provocar sérias lesões na pele, chamadas de pederismo ou pederose (KELLNER, 2003).

3.6 Ordem Blattodea

As baratas da família Blattidae fazem parte dessa ordem. Cerca de dez espécies apresentam importância médica, sendo as baratas alemãzinha (ou francesinha) *Blatella germanica* Linnaeus; barata americana *Periplaneta americana* Linnaeus e a barata nua *Blatta orientalis* Linnaeus, as mais importantes, por serem comuns em residências, serem hospedeiras intermediárias de microrganismos e transportarem bactérias, ovos de helmintos e outros microrganismos oriundos de fezes, esgotos e demais locais por onde elas passam. Quando em contato com alimentos podem contaminá-los, podendo provocar doenças se ingeridos (MESSIAS, 2011).

3.7 Ordem Hymenoptera

As abelhas africanizadas da espécie *Apis mellifera* Linnaeus são responsáveis por muitos acidentes por serem muito agressivas. A picada é uma injeção de veneno do ferrão que causa dor e desconforto físico. A intoxicação varia pela quantidade de veneno aplicada e pela susceptibilidade do organismo humano a reação alérgica ao veneno, que pode variar de uma inflamação local até uma forte reação alérgica (choque anafilático). Múltiplas picadas podem acarretar uma manifestação tóxica mais grave, que pode levar a óbito (SESAU-CE, 2020).

3.8 Ordem Lepidoptera

Agrupa espécies de borboletas e mariposas. As lagartas das espécies das famílias Megalopygidae, Saturniidae e Arctiidae possuem pêlos urticantes pelo corpo (SANTOS et al., 2015), sendo conhecidas como taturanas ou lagartas-de-fogo e podem causar danos às vítimas de acidentes, sendo o erucismo, resultante da forma mais grave destes acidentes, que podem provocar dores intensas, edemas, bolhas e até necroses superficiais. As principais espécies responsáveis por estes acidentes no Brasil são *Lonomia obliqua* Walker, *Lonomia achelous* Cramer e *Premolis semirufa* Pararama. Os casos graves podem levar a óbito (CARDOSO; HADDAD JUNIOR, 2005).

4 I MÉTODOS DE CONTROLE DOS INSETOS DE IMPORTÂNCIA MÉDICA

O uso de inseticidas químicos convencionais se mostra como primeira opção no combate aos insetos (NEVES et al., 2016). No entanto, o manejo integrado de vetores (MIV) é considerado a melhor estratégia por combinar diversos métodos, sendo o conhecimento acerca do comportamento dos insetos e dos métodos de controle disponíveis, essencial para identificar a melhor estratégia no controle (WERMELINGER; FERREIRA, 2013). Os métodos de controle: biológico, físico, químico, comportamental, cultural e educacional, bem como o saneamento ambiental são relevantes no controle dos insetos (WERMELINGER; FERREIRA, 2013; NEVES et al., 2016).

4.1 Controle de triatomíneos (barbeiros)

O uso de inseticidas é indicado no controle. No entanto, saneamento básico e principalmente melhorias nas condições habitacionais, substituindo casas que oferecem abrigo para os vetores, são essenciais para o combate dos insetos (MESSIAS, 2011).

4.2 Controle de percevejos de cama

O método de controle é cultural e educacional, envolvendo a higienização frequente de lençóis, colchões, poltronas e dormitórios, porém o uso de inseticidas de baixo poder residual, além da exposição dos insetos a altas temperaturas, aspiração e lavagem a quente, podem ser indicados em casos de grandes infestações (NEVES et al., 2016).

4.3 Controle de mosquitos vetores

O uso de inseticidas químicos convencionais mostra-se eficaz contra estes insetos, no entanto, os riscos de: resistência às formulações, danos a animais não-alvos e a humanos e de contaminação ambiental devem ser considerados (BARROS; AZEVEDO, 2021), tornando os inseticidas de origem vegetal uma alternativa sustentável a esses produtos. O manejo integrado envolve o uso de métodos químicos, boas condições de saneamento ambiental e ações educativas, além do uso de telas, repelentes e mosquiteiros (NEVES et al., 2016).

No caso do *Aedes* spp. tem-se ainda o uso de armadilhas de captura de adultos e de larvas (BARROS; AZEVEDO, 2021). Para os flebotomíneos, a limpeza de quintais e terrenos, eliminação de lixo e fezes, além da vacinação e o uso de coleiras com inseticidas em cães são essenciais (FIOCRUZ, 2019). Os maruins podem ser controlados por meio de métodos químicos e biológicos, pois os inseticidas de origem vegetal e o uso da bactéria *Bacillus thuringiensis* Strains. têm se mostrado promissores (MAIA, 2014).

4.4 Controle de moscas

Pode ser necessária a aplicação de inseticidas para o controle das moscas do berne, sendo recomendado o uso de repelentes e roupas que protejam o corpo. Já para as espécies dos gêneros Cochliomyia, Peckia, Musca e Glossina, evitar o acúmulo de lixo, manter hábitos de higiene domiciliar e pessoal (especialmente em feridas), boas condições de saneamento e evitar umidade são essenciais para manter esses insetos longe do convívio humano (MESSIAS, 2011; NEVES et al., 2016).

4.5 Controle de pulgas

Os hábitos de higiene e uso de inseticidas em locais onde animais hospedeiros desses insetos habitam constitui a melhor estratégia de controle. No caso do bicho-de-pé o uso de medicamentos, bem como a retirada do inseto com uma agulha esterilizada ajudam no controle, sendo importante evitar andar descalço, principalmente, próximo a chiqueiros

de porcos (NEVES et al., 2016).

4.6 Controle de piolhos

O controle de *P. capitis* envolve o uso de xampus à base de inseticidas, a remoção das lêndeas e ovos utilizando pente fino, evitar o contato íntimo com pessoas infestadas e lavar as roupas com água quente e detergente (UFRGS, 2021). Trocar e lavar roupas regularmente ajuda a combater e prevenir a infestação por *P. humanus*. Já para o *P. pubis,* recomenda-se o uso de xampus contra piolhos, melhoria na higiene pessoal, raspagem de pêlos pubianos e das axilas, além de não compartilhar roupas íntimas e de não ter relações sexuais com pessoas infestadas (MESSIAS, 2011).

4.7 Controle de potós

O controle do potó envolve a eliminação de toda vegetação em um raio de 50 metros no entorno das residências que possam servir de habitats para estes insetos e informar as pessoas sobre os hábitos e a atração dos insetos por luzes artificiais, que podem ser substituídas por incandescentes para evitar de atraí-lo. Em casos de grandes infestações, o uso de inseticidas como a deltametrina é indicado (KARTHIKEYAN; KUMAR, 2017).

4.8 Controle de baratas

É recomendado evitar o acúmulo de lixo e restos de alimentos nos domicílios, manter a casa e locais que possam servir de esconderijo, limpos, sendo indicado a aplicação de inseticidas nesses locais e ainda, manter ralos e cestos de lixo fechados. Aranhas e lagartixas são predadoras naturais das baratas e podem auxiliar no controle biológico (MESSIAS, 2011).

4.9 Controle de abelhas

Evitar a presença destes insetos reduz os riscos de acidentes. Atenção para o barulho de aparelhos de jardinagem, pois incomoda estes insetos, tornando-os agressivos. Sons, odores e cores podem atraí-los. Recomenda-se evitar o uso de roupas com cores chamativas e odores fortes quando se estiver em locais com a presença desses insetos. Além disso, a retirada da colmeia só deve ser feita à noite ou à tarde por profissional treinado (SESAU-CE, 2020).

4.10 Controle de taturanas

O uso de inseticidas, a remoção dos casulos aderidos em troncos e ramos de plantas ~~e~~ o controle biológico utilizando produtos microbiológicos à base da bactéria *Bacillus thuringiensis* Var. kurstaki e do fungo *Beauveria bassiana* são boas alternativas. Além disso, moscas da família Tachinidae, cujas larvas são parasitóides, têm sido utilizadas no controle (SYNGENTA, 2021).

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os insetos são extremamente relevantes para o equilíbrio ecológico do planeta, mas algumas espécies interagem de maneira negativa com os humanos, veiculando doenças que, em alguns casos, podem ser fatais. Pode-se considerar urgente o desenvolvimento de novas formas de controle destes insetos, em substituição aos métodos químicos propensos à contaminação ambiental, além de melhorias nas condições de saneamento em regiões vulneráveis à proliferação de insetos, e ainda, a implementação de medidas educativas visando informar as pessoas sobre o correto manejo desses insetos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, I. M.; SAMPAIO, M. B. Cimidíase: uma revisão da leitura. **BWS Journal**, v. 3, n. 1, p. 1-9, 2020.

AUAD, A. M.; FONSECA, M. G. A entomologia nos cenários das mudanças climáticas. *In:* BETTIOL, W. E.; HAMADA, F.; ANGELOTTI, A. M. (Eds.), **Aquecimento global e problemas Fitossanitários**. Brasília, Embrapa. 2017, p. 93–115.

BARROS, F. B.; AZEVEDO, F. R. Potencial inseticida das sementes como alternativa ao controle sustentável do *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). *In*: SILVA, C. D. D.; BARBOSA, M. S.; MOTA, D. A. (Org.). **Agenda da sustentabilidade no Brasil: Conhecimentos teóricos, metodológicos e empíricos**. 1. ed. Ponta Grossa - PR: Editora Atena, 2021, p. 128-140.

Brasil. Ministério da Saúde. **Monitoramento dos casos de arboviroses urbanas transmitidas pelo *Aedes aegypti* (dengue, chikungunya e zika), semanas epidemiológicas 1 a 52, 2019**. Brasília: Boletim epidemiológico; Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2020/ janeiro/20/Boletim-epidemiológico-SVS-02-1-pdf>. Acesso em: 02 nov. 2021.

CARDOSO, A. E. C.; HADDAD JUNIOR, V. Acidentes por lepidópteros (larvas e adultos de mariposas): estudo dos aspectos epidemiológicos, clínicos e terapêuticos. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 80, n. 6, p. 571-578, 2005.

CARVALHO, C. J. B.; RAFAEL, J. A.; COURI, M. S.; SILVA, V. C. Diptera Linnaeus, 1758. *In*: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B.; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Eds.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia.** Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 701-743.

DESUÓ, I. C.; MURAKAMI, A. S. N.; GOMES, G.; GOMES, L. Insetos e suas relações com o homem. *In*: GOMES, L. (org.) **Entomologia Forense: novas tendências e tecnologias nas ciências criminais**. 1º ed. Rio de Janeiro: Technical books, cap. 2, p. 87-121, 2010.

FARIAS, P. R. S. **Manual de entomologia geral.** Belém-PA: Editora Edufra, 2013, 142p.

FINKLER, C. L. L. Controle de insetos: uma breve revisão. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 8, n. 1, p. 169-189, 2013.

FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. **Leishmanioses: conheça os insetos transmissores e saiba como se prevenir**, 2019. Disponível em: https://portal.fiocruz.br/noticia/leishmanioses-conheca-os-insetos-transmissores-e-saiba-como-se-prevenir. Acesso em: 16 de outubro de 2021.

GALLO, D. N. O.; SILVEIRA-NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; FILHO, E. P.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J, D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba-SP: Editora FEALQ. 2002, 469p.

GOBIN, B.; FUMINORI, I.; PEETERS, C.; BILLEN, J. Queen-worker differences in spermatheca reservoir of phylogenetically basal ants. **Cell Tissue Research**, v. 326, p. 169-178, 2006.

GOMES, G.; DESUÓ, I. C.; MORLIN, J. J. JR.; MURAKAMI, A. S. N. & GOMES, L. Insetos, entomologia e ciência forense. *In:* GOMES, L. **Entomologia forense: novas tendências e tecnologias criminais**, 1° ed. Rio de Janeiro: Technical books. Cap. 1, p. 17-86. 2010.

KELLNER, R. L. L. Stadium-specific transmission of endosymbionts needed for pederin biosynthesis in three species of Paederus rove beetles. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 107, n. 2, p. 115-124, 2003.

MAIA, A.; DIREITO, I. C. N.; FIGUEIRÓ, R. Controle biológico de simulídeos (Diptera: Simuliidae): panorama e perspectivas. **Cadernos UniFOA**, v. 9, n. 25, p. 89-104, 2014.

MARTINS, I. V. F. **Parasitologia veterinária.** 2° ed. Vitória-ES: EDUFES, 2019, 320p.

MESSIAS, M. C. **Vivendo com os insetos**. Rio de Janeiro-RJ: FIOCRUZ, 2011, 120p.

MSF. Médicos sem fronteiras. **Doença do sono**, 2021. Disponível em: https://www.msf.org.br/o-que-fazemos/atividades-medicas/doenca-do-sono. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

NEVES, D. P.; MELO, A. L.; LINARDI, P. M.; VITOR, R. W. A. **Parasitologia Humana**. 13°. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2016, 498p.

OPAS. Organização Pan-Americana de saúde. **“Pequenas picadas, grandes ameaças” é o tema do Dia Mundial da Saúde**, 2014. Disponível em: https://www3.paho.org/bireme/index.php?option=com_content&view=article&id=235:pequenas-picadas-grandes-ameacas-e-o-tema-do-dia-mundial-da-saude-2014&Itemid=183&lang=pt. Acesso em: 29 set. 2021.

_____. Organização Pan-Americana de Saúde. **Documento operacional para a execução do manejo integrado de vetores adaptado ao contexto das Américas**. Washington D.C. OPAS, 2019. 62p.

RASSI, A. JR.; RASSIN, A.; MARIN-NETO, J.A. Chagas disease. **Lancet**, v. 375, p. 1388-1402, 2010.

SANTOS, R. S.; GONÇALVES, R. C.; NOGUEIRA, S. R. Ataque de *Lonomia* sp. (Lepidoptera: Saturniidae) em Seringueira no Município de Bujari, AC. Rio Branco: Embrapa Acre; 2015. 24 p.

SBMT. Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. Anvisa atualiza a bula da vacina contra a dengue. Dissponível em: https://www.sbmt.org.br/portal/material-informativo-dengvaxia/. Acesso em: 31 de outubro de 2021

SESAU-CE. Secretaria de Saúde do Ceará. Boletim de animais peçonhentos ano 2020. *In*: **Vigilância dos acidentes com abelhas de importância médica**. p.4-12, 2020.

SYNGENTA. Porta syngenta. **Lagarta de fogo 2021**. https://www.portalsyngenta.com.br/noticias/glossario-de-alvos/lagarta-de-fogo. Acesso em: 28 de outubro de 2021.

SOARES, M. **Letramento: um tema em três gêneros**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2009. 128 p.

UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Atlas eletrônico de parasitologia.** Disponível em: http://www.ufrgs.br/para-site/siteantigo/alfabe.htm. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

WERMELINGER, E. D; FERREIRA, A. P. Métodos de controle de insetos vetores: um estudo das classificações. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 4, n. 3, p. 6-6, 2013.

WHO. World Health Organization. **WHO recommends groundbreaking malaria vaccine for children at risk.** Disponível em: https://www.who.int/news/item/06-10-2021-who-recommends-groundbreaking-malaria-vaccine-for-children-at-risk. Acesso em: 09 de outubro de 2021.

CAPÍTULO 2

EFETIVIDADE DA ATIVIDADE LARVICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS FRENTE AO *Aedes aegypti*

Data de aceite: 01/02/2022

Lucas Santos de Sousa
Ciências Biológicas da Faculdade Anhanguera de Brasília – Unidade Taguatinga
Taguatinga, Distrito Federal

Ana Cristina Rodrigues da Cruz
Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Viçosa
Viçosa, Minas Gerais

Bruna Rezende Magiole
Licenciatura em Química da Universidade Federal de Viçosa
Viçosa, Minas Gerais

Michellen Maria Gomes Resende
Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal de Viçosa
Viçosa, Minas Gerais

Eleuza Rodrigues Machado
Ciências Biológicas, Biomedicina, Enfermagem e Farmácia, da Faculdade Anhanguera de Brasília – Unidade Taguatinga
Taguatinga, Distrito Federal

RESUMO: Nos últimos séculos, o *Aedes aegypti* tem protagonizado graves impactos sanitários através da disseminação de viroses, tais quais: dengue, Chikungunya, Zika e febre amarela urbana. Atualmente, a principal forma de reduzir a incidência de casos é combatendo o mosquito, já que a disponibilidade de vacinas ainda é nula ou escassa. No entanto, a maior parte das técnicas de controle do vetor, especialmente quando se trata de inseticidas químicos convencionalmente utilizados, é sanitariamente, socioeconomicamente e ambientalmente ineficaz. Nesse cenário, o estudo em questão abordou os óleos essenciais como uma alternativa plausível, visto que uma série de trabalhos já identificaram, experimentaram e comprovaram os mecanismos de ação dos ativos bioquímicos que os compõem, bem como a efetividade de suas propriedades, incluindo a inseticida (larvicida). Assim, estudar acerca da efetividade da atividade larvicida de diferentes extratos vegetais frente ao *A. aegypti* foi o objetivo primário que norteou a pesquisa em evidência. Com isso, realizou-se uma revisão da literatura baseada em 89 produções científicas (artigos, teses, dissertações, monografias, livros e boletins epidemiológicos) redigidas em língua portuguesa e inglesa, cujas publicações datam de, no máximo, duas décadas atrás (2000-2021). As obras foram conseguidas através das plataformas virtuais SciELO, Google Acadêmico e PubMed. Nas buscas, foram utilizadas as palavras-chave: *A. aegypti*; Óleos essenciais; Larvicidas; Inseticidas convencionais. O beneficiamento dos estudos-referência ocorreu de acordo com a compatibilidade entre o conteúdo e o tema, além da disponibilidade de informações relevantes e atualizadas sobre o último. A partir dos métodos de revisão adotados, o objetivo geral foi cumprido com êxito, ao longo dos três tópicos, que explanaram, ordenadamente, os principais pontos acerca do mosquito e dos óleos essenciais; o poder inseticida de extratos vegetais de diferentes espécies; e, por fim, a comparação entre métodos convencionais e óleos essenciais no combate ao inseto.

PALAVRAS-CHAVE: *A. aegypti*; Óleos essenciais; Larvicidas; Inseticidas convencionais.

ABSTRACT: In recent centuries, the *Aedes aegypti* mosquito has had serious health impacts through the spread of viruses such as dengue, Chikungunya, Zika, and urban yellow fever. Currently, the main way to reduce the incidence of cases is fighting the mosquito, since the availability of vaccines is still nil or scarce. However, most of the vector control techniques, especially when it comes to conventionally used chemical insecticides, are sanitarily, socioeconomically, and environmentally ineffective. In this scenario, the study in question addressed essential oils as a plausible alternative, since a number of works have already identified, experimented and proven the mechanisms of action of the biochemical actives that compose them, as well as the effectiveness of their properties, including insecticidal (larvicidal). Thus, studying the effectiveness of the larvicidal activity of different plant extracts against *A. aegypti* was the primary objective that guided this research. Thus, a literature review was conducted based on 89 scientific productions (articles, theses, dissertations, monographs, books, and epidemiological bulletins) written in Portuguese and English, whose publications date back no more than two decades (2000-2021). The works were obtained from the virtual platforms SciELO, Google Scholar, and PubMed. In the searches, the following keywords were used: *A. aegypti*; Essential oils; Larvicides; Conventional insecticides. The reference-studies were selected according to the compatibility between the content and the theme, as well as the availability of relevant and updated information on the latter. From the review methods adopted, the general objective was successfully met throughout the three topics, which explained, in an orderly manner, the main points about the mosquito and essential oils; the insecticidal power of plant extracts of different species; and finally, the comparison between conventional methods and essential oils in combating the insect.
KEYWORDS: *A. aegypti*; Essential oils; Larvicides; Conventional insecticides.

1 | INTRODUÇÃO

Aedes aegypti e óleos essenciais (OE) são relevantes objetos de estudo descritos na literatura há décadas. Uma série de trabalhos demonstra o histórico e importâncias de ambos, relacionando-os sanitariamente. Nesse âmbito, o estudo da atividade larvicida de extratos vegetais frente ao mosquito não é inédito, no entanto, é indubitável a importância da realização de novas pesquisas dessa natureza, com vista a enriquecer o acervo científico (SILVA, 2006).

É insofismável que o *A. aegypti* faz parte de um dos principais problemas de saúde pública do mundo: a dengue, que afeta, com maior intensidade, países subdesenvolvidos localizados em zonas tropicais e subtropicais. A Chikungunya, Zika e febre amarela urbana também são enfermidades transmitidas pelo mosquito. Nesse contexto, é necessário que alternativas sanitariamente, ambientalmente e socioeconomicamente viáveis sejam implementadas em estratégias de combate ao vetor, para que a incidência de casos de infecção seja reduzida. Assim, o presente estudo trata a utilização dos OE como uma possibilidade promissora no controle do *A. aegypti*, pois detêm diversas propriedades,

incluindo a inseticida (COSTA *et al.*, 2005; PEREIRA *et al.*, 2014; ZARA *et al.*, 2016).

Os OE desempenham um papel eficaz na eliminação das larvas do *A. aegypti*? Pesquisas recentes já comprovaram que determinados componentes vegetais desempenham funções bem definidas, cujas usabilidades possuem alto interesse antrópico. Frente ao questionamento exposto, este trabalho selecionou evidências, e discorreu a respeito das principais resoluções contidas na literatura acerca da temática, visando explanar os efeitos decorrentes do contato entre OE e larvas de *A. aegypti* (DIAS, 2013).

Em razão do exposto, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão da literatura sobre a efetividade da atividade larvicida de OE frente ao *A. aegypti*. A partir disso, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos: a) discorrer acerca dos aspectos gerais, além da importância sanitária do vetor e dos OE, relacionando-os; b) contrastar diferentes espécies vegetais à efetividade larvicida de seus respectivos OE, elencando os diferentes níveis de ação inseticida frente ao mosquito; por fim, c) comparar os extratos vegetais aos métodos de combate ao vetor convencionalmente utilizados, ressaltando seus benefícios e limitações.

2 | METODOLOGIA

O presente estudo implica em uma revisão da literatura fundamentada em 89 produções científicas (artigos, teses, dissertações, monografias, livros e boletins epidemiológicos) redigidas em língua Portuguesa e Inglesa, cujas publicações datam de, no máximo, duas décadas atrás (2000-2021). As obras foram conseguidas através das plataformas *online* SciELO, Google Acadêmico (*Google Scholar*) e PubMed. Nas buscas, foram utilizadas as palavras-chave: *A. aegypti*; Óleos essenciais; Larvicidas; Inseticidas convencionais. A seleção dos referenciais ocorreu de acordo com a oferta de informações relevantes e atualizadas sobre o tema.

Cada objetivo específico foi convertido em três diferentes tópicos, ordenadamente: *A. aegypti* e OE: aspectos gerais e sanitários; Efetividade larvicida de diferentes OE; Comparação entre métodos convencionais e OE no combate ao *A. aegypti.*

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 *A. aegypti* e OE: aspectos gerais e sanitários

O *A. aegypti* (Diptera: Culicidae) é um mosquito de origem africana, cuja primeira descrição é atribuída a Linnaeus (1762), que nomeou a espécie com base no local de sua provável gênese: o Egito. O culicídeo possui uma ampla distribuição geográfica, estando presente em regiões tropicais e subtropicais. Estima-se que o mosquito chegou ao Brasil durante o período colonial (entre os séculos XVI e XIX), no qual eram trazidos africanos escravizados no interior de embarcações portuguesas, que transportavam não só pessoas,

mas também espécies de invertebrados, de um continente ao outro. Com isso, a exploração dos recursos naturais foi subitamente intensificada pelos colonizadores, que devastaram grande parte da estrutura vegetal original do país, fazendo com que populações do mosquito perdessem seus *habitats* e, assim, passassem a ocupar aglomerados urbanos, nos quais ainda permanecem (BRAGA; VALLE, 2007; LOPES; SILVA, 2019).

A dispersão do *A. aegypti* em ambientes urbanos ocupa a primeira posição, sendo a espécie de mosquito com maior densidade nas grandes cidades, circulando entre os espaços peridomiciliar e domiciliar. No Brasil, o inseto ocupa todas as Unidades Federativas, estando em mais de 4 mil municípios. A disseminação do mosquito é extremamente preocupante, pois é o principal vetor da dengue, arbovirose que configura um dos maiores problemas de saúde pública do mundo, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS). Chikungunya, Zika e febre amarela urbana também são doenças transmitidas pelo *A. aegypti* (TAUIL, 2001; BESERRA *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2014).

A transmissão ocorre durante a picada da fêmea do mosquito, que, anteriormente, adquiriu o vírus na ingestão do sangue de um indivíduo infectado. Após a cópula com o macho, a fêmea precisa dos nutrientes presentes no material sanguíneo para produzir e depositar seus ovos (NOOR *et al.*, 2019; FREITAS *et al.*, 2020).

O *A. aegypti* é um inseto holometábolo, portanto possui 4 fases de desenvolvimento: ovo, larva, pupa e mosquito adulto (imago). Os ovos são colocados pouco acima do nível da água — geralmente límpida e cristalina; armazenada em reservatórios artificiais (garrafas e pneus, por exemplo) ou biológicos (como algumas espécies vegetais que acumulam água em suas folhas) — e são caracterizados pelo seu formato elíptico ou oval, com superfície lateral achatada, plana ou côncava, cuja coloração varia do esbranquiçado ao escuro no decurso da maturação (FELIX *et al.*, 2010; SILVA, 2017).

As larvas são aquáticas, com aspecto vermiforme, de cor geralmente amarelada ou esbranquiçada, dotadas de inúmeras cerdas e com corpo dividido em cabeça, tórax e abdome, sendo os dois primeiros nitidamente esféricos, e o último cilíndrico segmentado em 8 partes. Na primeira divisão, estão, ainda em formação, as antenas e os olhos, e também o aparelho bucal, que, nessa fase, é do tipo mastigador-raspador. No ápice da terceira divisão, estão o ânus, os brônquios reguladores osmóticos, e um sifão responsável pelas trocas gasosas que ocorrem na superfície da água, onde a larva se posiciona verticalmente durante o processo. A sua alimentação consiste em ingerir partículas de matéria orgânica presentes na água (BRASIL, 2001; RUEDA, 2004).

Por fim, ainda no meio aquoso, há a formação das pupas, estágio em que a cabeça e o tórax se unem, formando, temporariamente, um cefalotórax, do qual emerge 1 par de tubos respiratórios que ultrapassam a superfície da água para absorver gás oxigênio (O_2), e liberar gás carbônico (CO_2). As pupas são impossibilitadas de consumir qualquer tipo de alimento, visto que a atividade metabólica está voltada à metamorfose, processo que dará origem ao mosquito adulto (ZETTEL; KAUFMAN, 2019).

O imago é dividido em cabeça, tórax e abdome, com a coloração preta e branca disposta alternadamente ao longo do corpo, que o diferencia de grande parte dos representantes da família dos culicídeos. Na cabeça, encontram-se as antenas, órgãos sensoriais responsáveis pela percepção de dióxido de carbono, gás expirado pelos organismos terrestres, especialmente mamíferos de médio e grande porte, que são os principais alvos do mosquito. Os olhos são compostos, ou seja, formados por um aglomerado de elementos ópticos denominados omatídios, que captam luz e movimentos. Os palpos são capazes de captar os odores do ambiente. Por fim, o aparelho bucal, do tipo picador-sugador ou pungitivo, é formado por um par de maxilas e um par de mandíbulas, e também pela probóscide, estrutura alongada que, nos machos, é utilizada na sucção do néctar de flores, enquanto que as fêmeas a usam na perfuração do tecido de humanos e demais animais, alimentando-se do sangue desses indivíduos (COSTA, 2019).

No tórax, há um par de asas translucidas e, imediatamente após, dois halteres laterais, cujas funções são alçar voo e manter o equilíbrio durante essa prática, respectivamente. Possui 3 pares de pernas, as quais oferecem locomoção, sustentação e, devido à presença de pequenas cerdas e garras apicais, adesão a superfícies. Cada perna é dividida em 3 segmentos: fêmur (mais interno), tíbia (intermediário) e tarso (mais externo; subdividido em: tarsômeros 1, 2, 3, 4 e 5 (VIVEIROS, 2010).

O abdome comporta grande parte dos sistemas digestório, respiratório, excretor e reprodutor. Geralmente, é formado por 10 segmentos, sendo os dois últimos modificados em ânus e genitália. Tanto na fêmea, quanto no macho, o aparelho genital é essencial à cópula, mas, na primeira, o órgão tem uma função extra: depositar os ovos. Ademais, o abdome atua como eixo de sustentação do inseto durante as práticas de voo e repouso (SOUSA, 2013).

Para um crescimento estável, as condições ambientais (luminosidade, temperatura, disponibilidade de alimento e água, entre outras) devem ser favoráveis em todas as etapas de desenvolvimento do mosquito. Assim, em um cenário regular, após a colocação dos ovos, o culicídeo leva cerca de 10 dias para se desenvolver totalmente. Na fase adulta, vive de 1 mês a 45 dias, período em que uma única fêmea é capaz de colocar, espaçadamente, até 450 ovos. O mosquito possui hábitos diurnos, alimentando-se e ovopositando ao amanhecer e entardecer. Ademais, o *A. aegypti* é incapaz de percorrer longas distâncias em apenas um único voo, portanto, a sua área de dispersão é naturalmente reduzida em relação a outras espécies de mosquitos. Por outro lado, há um fator que contribui para a proliferação exacerbada do vetor: a translocação de recipientes com água contendo suas fases embrionárias (ovos, larvas e/ou pupas) (BRASIL, 2001; MOREIRA, 2018).

Uma vez que o ciclo de vida é compreendido, as metodologias de redução da proliferação do mosquito se tornam mais direcionadas e eficazes. Nesse sentido, no início do século XX, com o objetivo de reduzir a taxa de casos de febre amarela urbana no Brasil, o combate ao *A. aegypti* passou a ser intensificado através do estabelecimento de

medidas de controle sanitário, que obtiveram um excelente resultado, visto que culminaram na erradicação do mosquito em 1955. No entanto, apesar de estar ausente em território brasileiro, o mosquito ainda permaneceu nos países adjacentes, como Venezuela, Colômbia, México, Guianas, Suriname e Sul dos Estados Unidos (EUA). Por conseguinte, com o intenso tráfego humano entre países vizinhos, juntamente ao afrouxamento das medidas sanitárias, o vetor foi reintroduzido ao Brasil no final da década de 1960 (TAUIL, 2002; SILVA, 2012; FILHA; SOUZA, 2019).

No começo de 1990, foi criada a Fundação Nacional de Saúde (Funasa), organização responsável, entre outros aspectos, pela gestão das ações de controle do mosquito. Seis anos depois, o Plano de Erradicação do *A. aegypti* (PEAa) foi elaborado pelo Ministério da Saúde (MS) como uma nova tentativa de eliminação definitiva do vetor no Brasil. A estratégia estabelecida pelo plano visava uma atuação conjunta, de modo que as três esferas do governo (federal, estadual e municipal) trabalhassem integralmente em prol da redução de casos de dengue hemorrágica no país. O plano era composto por diferentes setores de atuação, sendo eles: entomologia; operações de campo de combate ao vetor; vigilância de portos, aeroportos e fronteiras; saneamento; informação, educação e comunicação social; vigilância epidemiológica e sistema de informações; laboratório; desenvolvimento de recursos humanos; e legislação de suporte (DONALÍSIO; GLASSER, 2002).

Estima-se que o MS investiu mais de 1 bilhão de reais na estruturação do combate ao *A. aegypti*, sendo que mais de 3 mil municípios foram contemplados com convênios entre os anos de 1997 e 1999. A verba foi utilizada na contratação e capacitação de colaboradores, bem como na aquisição de equipamentos especializados e veículos. Entretanto, a atuação não foi executada em alguns dos setores contidos no planejamento, como: saneamento; informação, educação e comunicação social; desenvolvimento de recursos humanos; e legislação de suporte. Em meados de 2001, o plano foi totalmente descartado pela Funasa, pois a estratégia de erradicação do vetor não foi exitosa, já que muitos municípios ainda permaneciam com um alto nível de dispersão do mosquito (FUNASA, 2002).

A partir de 2001, o Plano de Intensificação das Ações de Controle da Dengue (PIACD) foi criado com a proposta de controlar a disseminação do vetor, especialmente nos municípios que possuíam uma alta incidência de casos da doença, bem como uma maior dispersão do mosquito. Desse modo, o PIACD atuava de acordo com a situação sanitária de cada região, portanto, os municípios deveriam possuir alguns requisitos para que as suas necessidades fossem sanadas, tais como: ser capital de Estado, incluindo sua região metropolitana; contar com população igual ou superior a 50.000 habitantes; e ser receptivo à introdução de novos sorotipos da dengue (TEIXEIRA *et al.*, 2009).

Em 2002, o Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD) surge com uma visão mais ampla, dando sequência a alguns dos planos estabelecidos pelo PIACD, e alterando certos padrões utilizados pelos programas anteriores, dado que não alcançaram êxito a longo prazo, falhando em diversos aspectos (BRASIL, 2006).

O PNCD surgiu em um contexto de alto risco de epidemias se consolidarem, pois, na época, casos graves de dengue estavam sendo registrados em virtude da rápida disseminação do DENV-3 (sorotipo 3 do vírus da dengue, que possui outros três sorotipos: DENV-1, DENV-2 e DENV-4) no território brasileiro, com ênfase no Rio de Janeiro. Estima-se que, em 2002, cerca de 800 mil casos de dengue ocorreram no Brasil, número equivalente a 80% dos casos ocorridos em todo o Continente Americano nesse mesmo período. Nos referidos ano e país, registraram-se cerca de 150 casos de pessoas que vieram a óbito em decorrência da febre hemorrágica da dengue, forma mais grave da doença (ARAÚJO, 2009).

Ainda no ano de 2002, o MS investiu mais de 1 bilhão de reais no PNCD, sendo que 85% desse valor foram direcionados à vigilância e ao controle do mosquito. Já em 2003, a compra de equipamentos e inseticidas, manutenção e capacitação de funcionários e campanhas de comunicação social custaram aproximadamente 800 milhões de reais (BRASIL, 2019).

Desde 2003, a densidade populacional aumentou de forma exorbitante nos centros urbanos em função das intensas mudanças demográficas ocorridas nas últimas décadas. Em decorrência disso, veio à tona uma série de problemas estruturais e organizacionais nas grandes cidades, como a construção desordenada de habitações irregulares erguidas em regiões periféricas sem a mínima infraestrutura. Nesse contexto, a ausência ou ineficácia do saneamento básico (estações de tratamento de esgoto e abastecimento de água potável); da coleta de lixo, juntamente ao descarte indevido de resíduos; e da precariedade do sistema de saúde contribuíram fortemente com a proliferação do *A. aegypti* e, consequentemente, com a disseminação de doenças (ALMEIDA; COTA; RODRIGUES, 2020).

De acordo com o Boletim Epidemiológico publicado pelo MS em janeiro de 2021, no Brasil, foram registrados cerca de 987.173 casos prováveis de dengue no ano anterior (2020). Já as demais doenças transmitidas pelo mosquito, como Chikungunya e Zika, apresentaram 82.419 e 7.387 (609 casos prováveis em gestantes, e 214 confirmados) casos possíveis, respectivamente. A quantidade de casos prováveis notificados em 2020 foi menor em relação a de 2019, ano em que foram registrados 1.544.987 casos de dengue, 132.205 de Chikungunya e 10.768 de Zika (BRASIL, 2020; BRASIL, 2021).

As discrepâncias entre os dados coletados podem ser atribuídas à ocorrência da pandemia provocada pela disseminação do SARS-CoV-2, vírus causador da COVID-19, que mobilizou praticamente todas as equipes de vigilância epidemiológica não só do Brasil, como do mundo, fazendo com que houvesse retardamento ou subnotificação das doenças transmitidas pelo mosquito em 2020 (MASCARENHAS *et al.*, 2020).

Os OE estão entre as mais variadas formas de combate ao *A. aegypti.* Estima-se que existam em torno de 350 mil espécies de plantas distribuídas pelo mundo (mais de 55 mil no Brasil), sendo algumas naturalmente tóxicas ao mosquito, pois possuem compostos inseticidas em suas estruturas químicas (FURTADO *et al.*, 2005; ACIOLE, 2009; SOUZA *et*

al., 2010; MACHADO; JUNIOR, 2011; TRANCOSO, 2013).

O metabolismo dos vegetais pode ser dividido em primário e secundário. O primeiro é responsável pelo desenvolvimento e manutenção das células do organismo, sendo formado por moléculas essenciais à vida, como carboidratos, proteínas, lipídios, ácidos nucleicos, clorofila e demais componentes. Já o secundário, que era pouco conhecido até meados do século XX (década de 1950), é composto por substâncias de baixo peso molecular sintetizadas por diferentes vias metabólicas a partir dos produtos gerados pelo metabolismo primário. Essas substâncias desempenham as seguintes funções: proteção contra fatores bióticos, como ação de herbívoros ou patógenos (bactérias e fungos, por exemplo); atração de polinizadores, como aves e insetos; adaptação a condições ambientais adversas, como variações extremas de temperatura, escassez hídrica, baixa disponibilidade de sais minerais no solo, entre outras. Em suma, as substâncias que constituem o metabolismo secundário são as mesmas que compõem os OE. Os terpenos, como monoterpenos e sesquiterpenos, são os principais constituintes. Ademais, outros elementos, tais quais: alcaloides, flavonoides, fenóis e polifenóis, também podem fazer parte da composição dos extratos vegetais (SOUZA *et al*., 2010; MIRANDA *et al*., 2016; LUZ, 2018).

Hoje, sabe-se que os metabólitos secundários detêm diferentes propriedades bioativas que atuam em conjunto, tanto dentro, quanto fora do corpo vegetal. Contudo, há muitos séculos, civilizações, como as chinesas e egípcias, já haviam descoberto, empiricamente, os efeitos dessas substâncias, pois as utilizavam na cura de doenças, no controle de pragas agrícolas e como repelente de patógenos humanos (BRITO *et al*., 2013).

A medicina tradicional ainda é praticada por grande parcela da humanidade, sendo utilizada como um método alternativo à medicina convencional, especialmente em países subdesenvolvidos, onde o sistema público de saúde é deficitário. A busca por produtos naturais está crescendo cada vez mais, também, devido aos diversos efeitos nocivos causados por produtos sintéticos aos seres humanos, bem como ao meio ambiente. Supõe-se que cerca de 80% da população mundial façam o uso de elementos naturais, majoritariamente plantas medicinais e fitoterápicos, no tratamento de doenças. As plantas medicinais são tradicionalmente utilizadas em forma de chás, infusões, sucos, macerados, etc., com finalidade profilática, curativa ou paliativa. Já os fitoterápicos, dos quais os OE fazem parte, são produtos resultantes de um processamento industrial que usa plantas medicinais como matéria-prima (BRASIL, 2011; GADELHA *et al*., 2013).

Através do Decreto nº 5.813, de 22 de junho de 2006, o Governo Federal do Brasil aprovou a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (PNPMF), uma importante iniciativa à melhoria das políticas públicas de saúde, meio ambiente, desenvolvimento econômico e social. Os principais objetivos dessa Política são: otimizar o acesso da população a plantas medicinais e fitoterápicos; promover o uso sustentável da biodiversidade brasileira; e fomentar a valorização e preservação dos conhecimentos oriundos de povos tradicionais (FONTANELLA *et al*., 2007).

É incontestável que o Brasil possui um enorme potencial na produção, comercialização e utilização de derivados vegetais. Desse modo, os OE seriam uma alternativa ambientalmente, sanitariamente e socioeconomicamente viável no combate ao *A. aegypti.* Também é importante levar em consideração que uma gama de autores obteve resultados que comprovaram a atividade larvicida dos OE de diferentes espécies vegetais frente ao mosquito (NASCIMENTO; PRADE, 2020).

3.2 Efetividade larvicida de diferentes OE frente ao *A. aegypti*

Antes de serem experimentados, os OE devem ser extraídos e purificados. O processo de extração leva em consideração fatores importantes, como a espécie do vegetal, a sazonalidade da colheita e a quantidade de biomassa utilizada, pois podem influenciar no tempo de extração, volume e, especialmente, na composição química dos óleos. Grande parcela das substâncias vegetais é instável (volátil), portanto, o período entre colheita e extração deve ser o mínimo possível, para que não ocorra a redução da concentração de bioativos importantes para o sucesso do estudo. Por conseguinte, há uma variedade de metodologias que explanam as melhores condições para realizar o beneficiamento dos OE de espécies específicas, orientando os estudos em construção sobre essa temática (OLIVEIRA *et al*., 2012).

Além disso, as condições ambientais nas quais a planta se desenvolveu são capazes de afetar o funcionamento do seu metabolismo secundário e, consequentemente, a formação química do OE. Portanto, aspectos extrínsecos, como: disponibilidade de sais minerais e água no solo; características edáficas; luminosidade; variação de temperatura; umidade relativa do ar; altitude; presença de herbívoros e patógenos (bactérias, fungos, vírus, etc.), também devem ser analisados e correlacionados ao produto conseguido. Em decorrência disso, alguns ensaios utilizam plantas cultivadas em ambiente laboratorial controlado, com a finalidade de obter derivados vegetais de maior qualidade, e também resultados mais consistentes (OLIVEIRA *et al*., 2013; FERNANDEZ *et al*., 2014; SILVA *et al*., 2017; SANTOS *et al*., 2020).

A técnica de extração mais eficiente e economicamente acessível é denominada arraste a vapor ou hidrodestilação, na qual é usado o aparelho Clevenger. O método consiste em embeber o material vegetal (geralmente, utilizam-se folhas, pois concentram a maior quantidade de metabólitos secundários) em água contida no balão de fundo redondo, e aquecê-los até o ponto de ebulição do conteúdo. O aumento da temperatura causa a desnaturação das células, provocando a consequente liberação do OE, que é evaporado e conduzido, juntamente à água, até o condensador e, posteriormente, ao tubo de resfriamento, onde se liquefaz. Após serem coletados em um recipiente, a água e o óleo são facilmente separados, devido à diferença de solubilidade (LUCAS, 2011; SANTOS *et al*., 2020).

Uma vez removido e purificado, o óleo é submetido à Cromatografia Gasosa

acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM), forma convencionalmente utilizada na quantificação e qualificação das substâncias presentes nos OE. A detecção por CG permite que os compostos sejam quantificados, mas não qualificados, portanto, é necessário que a EM seja realizada, método que consiste na assimilação dos químicos que fazem parte do OE (SANTOS; BRAZ-FILHO; CASTRO, 2015).

O levantamento prévio de informações quantitativas e qualitativas demonstra, detalhadamente, quantos e quais são os bioativos que possivelmente agirão na eliminação das larvas do mosquito, tomando como referência trabalhos já publicados. Além disso, permite o estabelecimento de relações entre o ambiente onde a planta se desenvolveu e os seus constituintes metabólicos, que podem ser analisados de acordo com a sua eficácia contra o vetor, contribuindo para pesquisas futuras de isolamento químico, cujas finalidades são selecionar e agrupar os ativos com alto poder inseticida, como os terpenos (STEFFENS, 2010).

Os compostos terpênicos compõem uma enorme classe de substâncias encontradas, em maior percentual (em muitos casos, mais de 90%), nos extratos vegetais, sendo os monoterpenos e sesquiterpenos as mais abundantes. Os diterpenos, sesterterpenos, triterpenos e tetraterpenos também fazem parte do grupo. Certamente, a atividade inseticida está fortemente relacionada à ação individual ou sinérgica desses e de outros elementos que integram os OE (VELOSO *et al*., 2015).

Uma gama de estudos comparativos colocou os extratos de diferentes organismos vegetais à prova, e elencou-os conforme suas capacidades inseticidas (MARQUES, 2020). Desse modo, é válido discorrer acerca de alguns autores relevantes, bem como apresentar, em ordem decrescente (desde a maior até a menor efetividade), as plantas das quais os OE foram aproveitados. Furtado *et al.* (2005): *Vanillosmopsis arborea, Lippia sidoides, Cymbopogon winterianus, Ageratum conyzoides, C. citratus, Ocimum basilicum purpurascens, O. tenuiflorum, Tagetes minuta, Citrus limon e O. gratissimum.* Aciole (2009): *Guatteria friesiana, G. blepharophylla, Cordia curassavica, G. hispida* e *Pimenta pseudocaryophyllus.* Costa *et al.* (2010): *P. marginatum, P. aduncum* e *P. nigrum.* Santana *et al.* (2015): *Piper aduncum*, *P. arboreum*, e *P. marginatum.* Veloso *et al.* (2015): *C. nardus* e *O. basilicum.* Santos *et al*. (2020): *Plectranthus amboinicus* e *Cinnamomum zeylanicum*. Esses, juntamente a uma gama de outros cientistas, verificaram a eliminação ou inviabilidade não só das larvas, mas também de estágios futuros de desenvolvimento do *A. aegypti*, dentro de um período entre 24 e 48 horas, sob diferentes concentrações de OE das espécies mencionadas. De maneira simplificada, o **Quadro 1** representa os referidos autores e as suas respectivas constatações, isto é, quais foram as espécies (Spp.) cujos OE foram mais e menos eficazes.

Autores	Spp. mais eficientes	Spp. menos eficientes
Furtado *et al.* (2005)	*V. arborea*	*O. gratissimum*
Aciole (2009)	*G. friesiana*	*P. pseudocaryophyllus*
Costa *et al.* (2010)	*P. marginatum*	*P. nigrum*
Santana *et al.* (2015)	*P. aduncum*	*P. marginatum*
Veloso *et al.* (2015)	*C. nardus*	*O. basilicum*
Santos *et al.* (2020)	*P. amboinicus*	*C. zeylanicum*

Quadro 1 - Espécies mais e menos eficientes contra o *A. aegypti*.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Exteriormente ao aspecto comparativo, a experimentação de mais de uma espécie em pesquisas individualizadas faz com que o leque de inseticidas naturais aumente ainda mais. Não obstante, o acervo científico também comporta obras que avaliaram, singularmente, exemplares específicos, como *Zingiber officinale* e *Tetradenia riparia*, que demonstraram potencial larvicida nos estudos de Silva (2012) e Fernandez *et al.* (2014), respectivamente.

Após serem expostas aos OE, as fases iniciais do culicídeo podem ser acometidas por alterações comportamentais e morfológicas. As larvas, por exemplo, passam a se comportar de maneira irregular, perdendo parcial ou totalmente a capacidade motora, além de terem o ritmo de alimentação comprometido. Já a morfologia larval alterada é caracterizada pelo encolhimento, escurecimento e curvatura corporal permanente. À vista disso, ocorre a inviabilidade do inseto, que acaba vindo a óbito. É provável que tais efeitos sejam resultantes da atuação dos ativos vegetais no sistema nervoso do organismo (SILVA, 2018).

Em virtude dos resultados explicitados, os produtos de origem vegetal desempenham um papel eficiente no controle do *A. aegypti*. Apesar disso, os OE ainda não são largamente utilizados para tal finalidade, possivelmente devido a alguns obstáculos, como: pouco ou nenhum incentivo à divulgação e ao acesso de publicações científicas que dissertam acerca das suas aplicabilidades sanitárias; instabilidade química dos seus bioativos, o que configura uma lacuna na maioria dos estudos; comercialização em massa e *marketing* agressivos de inseticidas sintéticos convencionais; ausência de incentivo governamental às indústrias que já administram a produção desses derivados; escassez de trabalhos mais aprofundados que, de maneira pragmática, apresentem propostas exequíveis aos órgãos de saúde, com a finalidade de introduzir os OE como formas alternativas de combate ao vetor; entre outras (ZARA *et al.*, 2016; PIRES, 2019).

3.3 Comparação entre métodos convencionais e OE no combate ao *A. aegypti*

Povos antigos utilizavam métodos de controle biológico, sobretudo na agricultura, visando eliminar pragas, como fungos, bactérias e, principalmente, insetos. À medida que os séculos se sucederam, novos agentes patogênicos surgiram, e aqueles que já existiam passaram a atuar de forma mais sofisticada, devido às diversas mutações estimuladas por fatores biológicos internos e externos. Nesse sentido, alguns patógenos se tornaram susceptíveis à transmissão de um humano ao outro por intermédio de vetores, em sua maioria, insetos. Por conseguinte, a disseminação de doenças, como malária, dengue, febre amarela e leishmaniose, passou a ocorrer de maneira desordenada, pois os insetos possuem uma ampla distribuição geográfica, além de uma densa biodiversidade (cerca de 1,5 milhão de espécies catalogadas). Com isso, as práticas de controle biológico passaram a ser aplicadas não apenas no setor agrícola, mas também no sanitário, visto que a única alternativa, em épocas mais remotas, era a de combater os vetores, visando reduzir a taxa de infectados, pois medicamentos especializados e vacinas ainda não existiam (FELIX *et al*., 2010; EMBRAPA, 2020).

Estudos relatam que o *A. aegypti* foi identificado como vetor da febre amarela urbana no final do século XIX (por volta de 1881), por Carlos Juan Finlay de Barres (1833-1915), um médico e cientista cubano. No entanto, na época, a comunidade científica não aderiu à teoria de Finlay, que só foi comprovada e aceita duas décadas mais tarde, em 1900, quando o Exército dos EUA enviou à Cuba comissões de saúde lideradas pelo médico Walter Reed, visando realizar experimentos que ratificassem os argumentos propostos pelo cientista cubano, pois o governo americano, devido a uma grande quantidade de soldados mortos pela doença, estava interessado em compreender como se dava a sua transmissão e, com isso, criar medidas profiláticas mais eficazes (MORENO, 2016).

O mosquito só foi reconhecido como agente transmissor da dengue no início do século XX (1906), por Bancroft, cientista que teve sua descoberta confirmada 25 anos depois, em 1931, por Simmons. Desde então, o *A. aegypti* vem sendo um dos vetores mais relevantes do cenário científico, não apenas por transmitir febre amarela e dengue, mas também Zika e Chikungunya (CAMPANELLI, 2007).

No Brasil, a vacina contra a febre amarela (17DD) já é disponibilizada pelo Sistema Único de Saúde (SUS), enquanto que a imunização contra a dengue (CYD-TDV) é ofertada apenas pela rede particular. As vacinas contra Zika e Chikungunya ainda estão em processo de desenvolvimento. À vista disso, a forma mais eficaz de reduzir a disseminação das doenças transmitidas pelo mosquito é combatê-lo através de políticas de saúde pública que fomentem métodos de controle mecânico, biológico e/ou químico, de maneira que possam ser executados não apenas por órgãos governamentais, mas também pela própria população. Nesse sentido, eventualmente, o MS promove campanhas de conscientização social, cujo objetivo é educar os cidadãos acerca da importância do combate ao inseto,

bem como orientá-los com relação às ações que devem ser tomadas para tal, pois 90% dos criadouros do mosquito estão no espaço domiciliar (VASCONCELOS, 2003; MESQUITA; PARENTE; COELHO, 2017; BRASIL, 2021).

A sociedade, juntamente aos Agentes Comunitários de Saúde, utiliza, majoritariamente, práticas de controle mecânico, que consistem na localização, eliminação e direcionamento apropriado de possíveis focos de reprodução do mosquito, além da instalação de telas que impeçam a sua entrada no interior das residências. As medidas profiláticas são basilares e largamente difundidas todos os anos, através de diversos veículos de comunicação, como televisão, rádio, internet, *folders*, cartazes, etc. São maneiras relativamente simples e eficazes de evitar a presença do mosquito em larga escala, no entanto, é necessário que grande parcela da população seja mobilizada para tal, em prol de um resultado satisfatório. Ademais, podem ser complementares aos métodos biológicos e químicos, que, juntos, reduzem ainda mais as possibilidades de propagação do inseto (BATISTA, 2014).

O controle biológico consiste na utilização de predadores ou patógenos naturais contra o mosquito. No caso de estratégias de combate ao *A. aegypti*, cuja maior parte do desenvolvimento ocorre na água, existem predadores aquáticos, como peixes do gênero *Gambusia*, que se alimentam dos ovos, larvas e pupas do mosquito, causando a inviabilidade e/ou eliminação de grande parcela da sua população. Além disso, algumas espécies de patógenos, como a bactéria *Bacillus thuringiensis israelenses* (Bti) e o fungo *Lagenidium giganteum*, são capazes de sintetizar substâncias nocivas que afetam tanto os estágios prematuros, quanto a fase adulta do vetor (ANDRADE; SANTOS, 2004; BÜCKER *et al.*, 2013).

Exempli gratia, a bactéria entomopatogênica Bti sintetiza quatro toxinas proteicas distintas (três toxinas de categoria Cry, e uma de Cyt), que são armazenadas em aglomerados cristalinos, no interior de esporos. Uma vez que as larvas de *A. aegypti* ingerem os esporos liberados na água, esses são direcionados ao intestino e decompostos pelas proteases, enzimas digestivas que promovem a liberação e ativação das toxinas, que, imediatamente, ligam-se aos receptores de membrana situados na superfície das microvilosidades, ocasionando a deterioração do epitélio intestinal devido à instabilidade do sistema de transporte de íons. Com grande parcela do aparelho digestório comprometido, a alimentação é impossibilitada, fato que provoca a falência total do inseto. É válido mencionar que o bacilo possui extrema afinidade com os insetos da Ordem Diptera, composta por mosquitos e moscas, portanto, é incapaz de intoxicar humanos e outros seres. Mesmo sendo usado por mais de 20 anos, a literatura ainda não apresentou registros de resistência de populações de *A. aegypti* contra o Bti, provavelmente em razão da produção de diferentes toxinas. Entretanto, quando submetida a altas temperaturas e incidência de luz, a atividade tóxica da bactéria é interrompida, o que limita bastante o seu uso no combate ao mosquito, visto que ele ocupa regiões tropicais e subtropicais, onde há alta incidência de luz solar,

bem como uma maior concentração de energia térmica. Não obstante, a OMS recomenda o uso da bactéria como agente larvicida em recipientes que comportam água portável (POLANCZYK; GARCIA; ALVES, 2003; VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

Além do Bti, estudos recentes têm apresentando resultados satisfatórios a respeito da utilização da *Wolbachia* (WB) no combate ao *A. aegypti*, uma espécie de bactéria gram-negativa endossimbiótica encontrada naturalmente em 60% dos insetos, mas que, em um processo laboratorial de infecção induzida de cepas selecionadas (*w*Mel ou *w*MelPop) aplicadas em ovos do mosquito, possui a capacidade de reduzir pela metade o período de vida do inseto adulto, bem como promover a incompatibilidade citoplasmática, que provoca a esterilidade dos indivíduos. Assim, quando mosquitos machos infectados copulam com fêmeas sem a bactéria, os ovos colocados pela última não eclodirão. Agora, caso ambos estejam com a WB, haverá incompatibilidade no cruzamento, isto é, não ocorrerá fecundação e, portanto, novos descendentes não serão gerados, o que, a nível populacional, reduzirá consideravelmente a taxa de transmissão de doenças. Ademais, quando a bactéria e um agente viral estão em um mesmo mosquito, a competição por recursos faz com que a replicação do vírus ocorra de maneira irregular, diminuindo sua carga viral e seu potencial de transmissão (BIAN *et al.*, 2010; DUTRA, 2014; ZARA *et al.*, 2016).

As práticas de controle químico fazem o uso de compostos específicos, cujas propriedades são capazes de causar diversos danos ao organismo do mosquito, como: afetar o sistema nervoso; inibir a síntese de quitina, polissacarídeo formado por monômeros de N-acetil-glicosamina imprescindível à sobrevivência e desenvolvimento dos insetos, visto que é o principal componente do exoesqueleto, estrutura que reveste, sustenta e protege o corpo desses animais contra fatores ambientais externos; e cessar a produção do hormônio juvenil, responsável por regular o metabolismo durante todo o estágio larval, de forma que não ocorra a metamorfose prematura do inseto. A utilização desse tipo de controle deve ocorrer de maneira cautelosa, dado que o uso desordenado de substâncias inseticidas pode acarretar o surgimento de populações resistentes do mosquito. Ademais, o uso indiscriminado de químicos pode causar sérios impactos ao meio ambiente e à saúde da população, que são afetados pelo excesso de elementos tóxicos, especialmente aqueles com propriedades residuais (FERREIRA, 2009).

Sintetizado por Othmar Zeidler em 1874, o DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano) foi o primeiro inseticida capaz de permanecer por longos períodos no ambiente, mantendo o seu efeito durante meses ou, até mesmo, anos. A sua descoberta é atribuída ao entomologista Paul Hermann Müller, que, no início da Segunda Guerra Mundial (1939), realizou experimentos que verificaram a aplicabilidade da substância na eliminação de insetos. Nesse contexto, o inseticida foi largamente utilizado durante e após a guerra, no controle de agentes transmissores da dengue, malária, febre amarela e tifo. Graças à sua descoberta, em 1948, Müller foi contemplado com o Prêmio Nobel de Medicina (D'AMATO; TORRES; MALM, 2002; FLORES *et al.*, 2004; BORGES, 2011).

O DDT faz parte do grupo de inseticidas organoclorados, que possuem baixa solubilidade em água e composição química altamente estável, sendo formada por Carbono (C), Hidrogênio (H) e Cloro (Cl). São divididos em 4 subgrupos, sendo eles: difenil-alifáticos, hexaclorociclohexanos, ciclodienos e policloroterpenos. Todos possuem atuação neurotóxica, isto é, agem inviabilizando o sistema nervoso dos insetos. A exemplo disso, o DDT, que faz parte do subgrupo dos difenil-alifáticos, afeta o funcionamento da bomba de Sódio (Na) e Potássio (K) dos axônios **(Figura 1)**, provocando a abertura involuntária dos canais de Na, desestabilizando o equilíbrio de íons entre os meios intra e extracelular, o que gera a transmissão desmedida de impulsos nervosos, sobrecarregando toda a rede neural do alvo, paralisando-o e eliminando-o. Os inseticidas BHC (hexaclorobenzeno), clordano e toxafeno são exemplos que compõem os subgrupos hexaclorociclohexanos, ciclodienos e policloroterpenos, respectivamente. Devido ao extenso período de permanência no ambiente e acumulação em tecidos de animais e humanos, o uso dessas substâncias passou a ser restringido ou proibido em várias regiões do mundo (FLORES *et al.*, 2004; ROCHA, 2014).
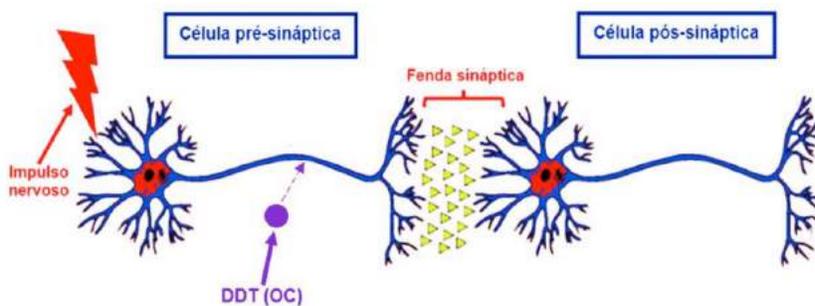
Figura 1 - Mecanismo de ação dos OC.

Fonte: Adaptado de Valle; Pimenta; Cunha (2015, p. 95).

A OMS ainda recomenda, aos países legalmente autorizados, a utilização do DDT no controle de vetores, já que o valor de aquisição do produto é deveras acessível, fato que beneficia as regiões economicamente desfavorecidas do globo. No entanto, existem concorrentes que fabricam inseticidas mais caros, e adotam estratégias de comercialização ofensivas que reduzem a evidência do DDT no mercado, diminuindo ainda mais o seu uso (BERG, 2009).

Em 1960, o *World Health Organization Pesticide Evaluation Scheme* (WHOPES) foi criado com o objetivo de listar os inseticidas mais eficientes, de acordo com o potencial de eliminação de vetores, bem como à mínima provocação de impactos ambientais e na saúde humana. Nesse sentido, o WHOPES indica a utilização de oito diferentes princípios ativos larvicidas (clorpirifos, fenthion, pirimifós-metil, temephos, spinosad, diflubenzuron,

novaluron e pyriproxyfen), e cinco adulticidas (malathion, deltametrina, lambda-cialotrina, permetrina e transcifenotrina). A OMS enxerga o programa como uma importante referência nas tomadas de decisão que dizem respeito às políticas de combate aos vetores executadas em vários países (OMS, 2014).

A maioria dos princípios ativos pertence às classes de inseticidas mais usadas atualmente: organofosforados (OP), piretroides (PI), carbamatos (CM) e espinosinas (EP). Assim como os organoclorados, todos eles possuem atividade neurotóxica, causando a hiperativação da rede neuronal e a consequente morte do inseto através de mecanismos de ação minimamente distintos. Apesar de, em alguma medida, gerarem resultados satisfatórios, o uso intensificado desses compostos culminou no surgimento de grupos resistentes do *A. aegypti* (PASTRELLO, 2015).

O grupo dos OP abrange todos os inseticidas que possuem Fósforo (P) em sua composição. São divididos em três categorias: os alifáticos, como a melationa; os derivados de fenil, como a fenitrotiona; e os heterocíclicos, como os temefós. Essas substâncias atuam inibindo a Acetilcolinesterase (AChE), enzima responsável por degradar a acetilcolina (ACh), neurotransmissor que estimula a abertura dos canais de Na presentes na célula pós-sináptica, de modo que o impulso nervoso seja transmitido de um neurônio ao outro. Uma vez que a atividade da AChE é cessada, ocorre a acumulação de ACh na fenda sináptica **(Figura 2)**, fazendo com que sinais elétricos sucessivos sejam exacerbadamente disparados por todo o sistema nervoso central, levando à morte do mosquito (HOSHINO *et al.*, 2008).
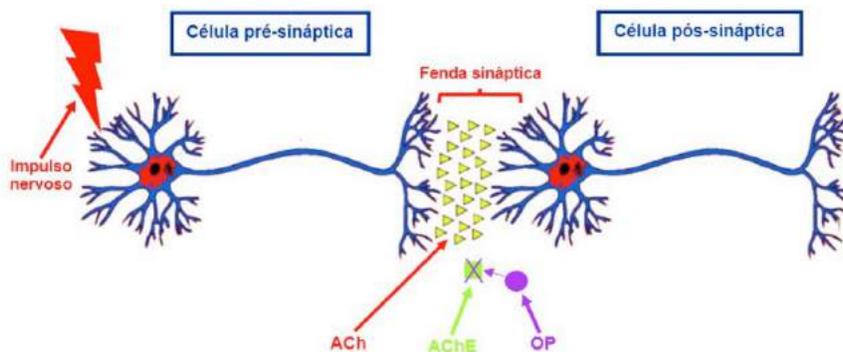
Figura 2 - Mecanismo de ação dos OP.

Fonte: Adaptado de Valle; Pimenta; Cunha (2015, p. 95).

Assim que esse grupamento de inseticidas foi descoberto, notou-se seu caráter biodegradável, e também ausência de efeito bioacumulativo, isto é, não era passível de acumulação em tecidos de organismos. Tais vantagens tornaram os OC obsoletos, sendo logo substituídos pelos OP. Entretanto, é importante destacar que os OP são quimicamente

instáveis, tendo, portanto, pouca capacidade de permanecer por longos períodos no ambiente, o que demanda uma série de aplicações consecutivas. Além disso, análises apontam que, mesmo em pequenas quantidades, esses inseticidas podem causar danos neurológicos em humanos (VINHAL; SOARES, 2018).

Os PI são substâncias sintéticas produzidas com base em piretrinas, ésteres tóxicos presentes em espécies vegetais do gênero *Chrysanthemum*. O uso de sintéticos dessa natureza foi iniciado apenas nos anos 70, pelo setor agrícola, após uma série de experimentos laboratoriais serem realizados com o objetivo de alterarem a estrutura química de compostos produzidos em épocas anteriores, pois possuíam certas desvantagens, como a alta instabilidade em relação à luz solar e ao ar atmosférico, além de um baixo potencial inseticida. Atualmente, mesmo em pequenas doses, os PI desempenham um excelente papel na eliminação de insetos, e também possuem um ótimo nível de estabilidade. Ainda, são biodegradáveis, não bioacumulativos, desalojantes e incapazes de causar intoxicação em mamíferos e aves. Em contrapartida, há registros de que podem provocar irritação cutânea em animais, e serem extremamente tóxicos aos organismos aquáticos (SANTOS; AREAS; REYES, 2007; VIEIRA; NEVES; QUEIROZ, 2007).

A título de exemplo, dentre os principais PI utilizados atualmente, estão: esfenvalerato, fluvalinato, lambda-cialotrina, ciflutrina, deltametrina, cipermetrina, fenpropatrina, flucitrinato e bifentrina. Todos possuem um mecanismo de ação semelhante ao do DDT **(Figura 1)**, porém, mais intenso, pois causam a abertura, por tempo indeterminado, dos canais de sódio das células neuronais, desestabilizando o sistema nervoso central e periférico do mosquito (GARCIA, 2021).

Os CM são ésteres que compõem uma classe de inseticidas derivados do ácido carbâmico (CH_3NO_2), substância de caráter instável. Assim como os OP, os CM eliminam o inseto através da inibição da AChE **(Figura 2)**, no entanto, ao contrário do que ocorre na ação dos primeiros, o processo pode ser reversível, sendo, portanto, uma das suas desvantagens. Outros fatores que impossibilitam o uso em larga escala dos CM são: elevado preço de mercado e alta instabilidade. Por outro lado, são altamente letais em um curto período. Os primeiros CM foram sintetizados e difundidos durante a década de 60, sendo que, atualmente, o carbaril é o inseticida mais utilizado desse grupo (BRAGA; VALLE, 2007; SANTOS, 2016).

As EP são inseticidas derivados da fermentação da *Saccharopolyspora spinosa*, espécie de actinobactéria que vive no solo. As variações spinosad e spinetoram compõem o grupo. A primeira foi sintetizada na década de 90, e possui as spinosyn A e D como componentes bioativos. A segunda, mais recente (2007), é formada pelas spinosyn J e L, substâncias ativas semi sintéticas. Possuem um alto potencial inseticida, agindo como moduladores alostéricos nos receptores nicotínicos de ACh das células pós-sinápticas **(Figura 3)**, ou seja, alteram o ritmo de trabalho dessas estruturas, tornando-as hiperativas. Isso faz com que haja a excitação exacerbada dos neurônios e, consequentemente, a

fadiga, paralisia e morte do mosquito (PEREIRA, 2017).
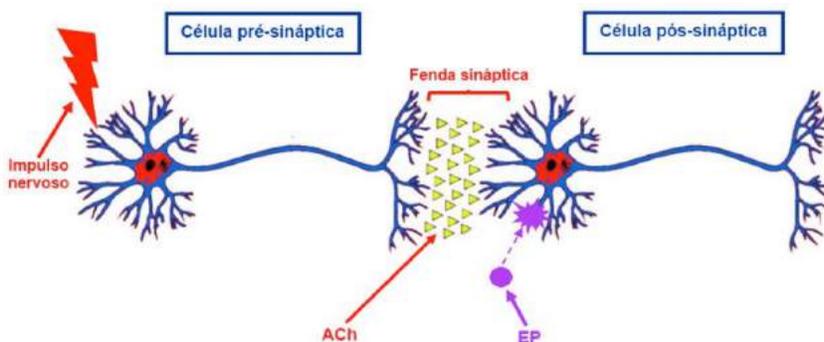
Figura 3 - Mecanismo de ação das EP.

Fonte: Adaptado de Valle; Pimenta; Cunha (2015, p. 95).

As EP possuem um mecanismo de ação diferente dos demais inseticidas, o que contribui para a redução das possibilidades de surgimento de populações resistentes do vetor. Além disso, geram poucos efeitos maléficos ao meio ambiente, ao ser humano e outros organismos (BORGES, 2011).

Segundo a OMS, a resistência consiste na capacidade de uma população de insetos suportar uma certa quantidade de inseticida que, em condições regulares, causaria a sua eliminação. Nesse sentido, é válido realçar que todos os procedimentos que envolvem inseticidas possuem uma desvantagem primordial e recorrente: a seleção de populações resistentes do inseto. Todavia, indivíduos menos susceptíveis não são resultados da aplicação dessas substâncias, mas sim de mutações genéticas imprevisíveis que ocorrem durante os primeiros estágios de geração do mosquito, as quais conferem características genotípicas e fenotípicas capazes de impedir ou reverter os mecanismos de atuação dos inseticidas. Portanto, é fundamental que técnicas alternativas de eliminação definitiva do *A. aegypti* sejam estudadas a fundo, não apenas em prol do bem-estar sanitário, mas também do meio ambiente e de todos os fatores inerentes a ele (BRAGA; VALLE, 2007; MACORIS *et al*., 2014)

A utilidade dos OE também tem sido avaliada como uma alternativa propícia no controle do *A. aegypti*. O efeito larvicida de diversos extratos vegetais já foi verificado em uma série de estudos práticos, que relacionaram diversas espécies de plantas conforme os seus respectivos níveis de desempenho contra o vetor. Além de possuírem significativo potencial inseticida, são substâncias 100% naturais; financeiramente acessíveis; e amplamente aproveitadas como matéria prima em outros setores de produção, como alimentício e cosmético. Em vista disso, a administração de doses moderadas é incapaz de provocar prejuízos à saúde da população, bem como à integridade dos ecossistemas e

demais organismos vivos (FURTADO *et al*., 2005; RODRIGUES *et al*., 2005; ZARA *et al*., 2016).

Os mecanismos de ação dos OE variam, especialmente, de acordo com a sua composição química. Pesquisas evidenciaram que determinados tipos de terpenos são capazes de inibir a atividade da AChE, princípio de ação semelhante ao dos inseticidas OP e CM. Também possuem propriedade lipolítica, ou seja, quebram lipídios, moléculas orgânicas que, entre outras funções, formam a membrana plasmática das células. Nesse sentido, a degradação dessas estruturas provoca a morte celular e, por consequência, a do invertebrado. Em contato com o estágio larval ou adulto do mosquito, os compostos terpênicos apresentaram diferentes efeitos, tais quais: inibiram ou retardaram o crescimento; diminuíram a capacidade reprodutiva; comprometeram o ritmo de alimentação; alteraram a morfologia; entre outros (JÚNIOR, 2003; VELOSO *et al*., 2015).

Em síntese, ao serem comparados aos inseticidas químicos convencionais, os OE possuem características mais promissoras no tocante ao desenvolvimento sustentável, em todos os âmbitos. No entanto, há um aspecto que coloca os extratos vegetais em importante desvantagem: a volatilidade (instabilidade). Isso faz com que os componentes naturais bioativos mudem rapidamente de um estado físico para o outro, conferindo pouco poder residual ao produto. Assim, as demais substâncias acabam sendo mais visadas, já que não há a necessidade de aplicá-las com maior frequência (CORRÊA; SALGADO, 2011).

Defronte à problemática exposta, pode-se considerar a microencapsulação uma resolução viável. Trata-se de uma tecnologia que consiste em envolver e armazenar, a nível molecular, substâncias através de um agente encapsulante, cuja função é estabilizar, solubilizar e liberar gradativamente os compostos químicos que estão em seu interior. Desse modo, a encapsulação de bioativos vegetais aumentaria drasticamente o potencial inseticida dos OE, tanto na eliminação de estágios iniciais do mosquito, quanto no combate ao inseto adulto (GOTTARDO, 2021).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os OE aqui colocados tiveram as suas capacidades larvicidas devidamente comprovadas contra o *A. aegypti*. Portanto, não restam dúvidas quanto ao potencial dessas substâncias, especialmente quando se objetiva um futuro mais sustentável, não apenas para os setores ambiental e sanitário, mas também social e econômico.

Isentos de degradação ecossistêmica, os métodos mecânicos e biológicos também desempenham uma função importante na diminuição de focos de reprodução do mosquito. Dessa forma, em conjunto com os extratos vegetais, podem adquirir maior capacidade dizimar populações do vetor, em especial as que adquiriram resistência contra inseticidas convencionalmente utilizados.

Apesar da verificação da eficácia contra o inseto, a volatilidade dos derivados orgânicos ainda continua sendo um empecilho para as produções acerca do tema. Destarte, a partir deste, fez-se necessário apresentar a microencapsulação como uma solução inédita (dentro da temática) para tal, preenchendo a lacuna recorrente em estudos similares. Contudo, ainda é preciso realizar análises práticas envolvendo a aplicação da técnica em OE eficazes contra o culicídeo.

Políticas públicas de saúde direcionadas ao controle do vetor desprendidas de quaisquer formas de deterioração da natureza ainda são extremamente escassas em várias regiões do globo. A título de exemplo, mesmo sendo um dos maiores produtores agrícolas do mundo, em momento algum o Brasil considerou os OE como uma alternativa promissora na eliminação do *A. aegypti*. Em vista disso, ressalta-se: estudos mais pragmáticos devem ser realizados, com a finalidade de apresentar à esfera pública as vantagens e resoluções para possíveis desvantagens do uso de inseticidas oriundos de plantas.

REFERÊNCIAS

ACIOLE, S. D. G. **Avaliação da atividade inseticida dos óleos essenciais das plantas amazônicas Annonaceae, Boraginaceae e de Mata Atlântica Myrtaceae como alternativa de controle às larvas de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae)**. 2009. 85 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Humana e Ambiente) - Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2009. Disponível em: https://bit.ly/3p5q2oN. Acesso em: 20 de set. de 2021.

ALMEIDA, L. S. A.; COTA, A. L. S.; RODRIGUES, D. F. Saneamento, arboviroses e determinantes ambientais: impactos na saúde urbana. **Rev. Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 10, p. 3857-3868, 2020. Disponível em: https://bit.ly/3yfILAr. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

ARAÚJO, J. M. G. **Vírus dengue sorotipo 3 (DENV-3) no Brasil: estudos sobre patogenia, sítios de replicação, filogenia e evolução molecular**. 2009. 205 f. Dissertação (Doutorado em Biologia Celular e Molecular) - Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: https://bit.ly/3aJVT6c. Acesso em: 20 de set. de 2021.

BATISTA, T. A. **Plano de ação para prevenção da dengue na área de abrangência de uma ESF na cidade de Araxá**. 2014. 25 f. Monografia (Especialização em Atenção Básica em Saúde da Família) - Universidade Federal de Minas Gerais, Uberaba, 2014. Disponível em: https://bit.ly/3dA3cP5. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

BERG, H. V. D. Global status of DDT and its alternatives for use in vector control to prevent disease. **Rev. Environ Health Perspect**, Holanda, v. 6, n. 2. p. 575-590, mai., 2009. Disponível em: https://bit.ly/3pBs1ji. Acesso em: 9 de dez. de 2021.

BESERRA, E. B.; FREITAS, E. M.; SOUZA, J. T.; FERNANDES, C. R. M.; SANTOS, K. D. Ciclo de vida de *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (Diptera, Culicidae) em águas com diferentes características. **Rev. Iheringia. Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 99, n. 3, p. 281-285, set., 2009. Disponível em: https://bit.ly/3vr8G72. Acesso em: 20 de set. de 2021.

BIAN, G.; XU, Y.; LU, P.; XIE, Y.; XI, Z. The endosymbiotic bacterium *Wolbachia* induces resistance to dengue virus in *Aedes aegypti*. **Rev. PLOS Pathogens**, Estados Unidos, v. 6, n. 4, p. 1-10, abr., 2010. Disponível em: https://bit.ly/3punHCk. Acesso em: 1 de out. de 2021.

BORGES, E. N. **Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT) - vindas e idas de sua história para contextualizar o ensino de química**. 2011. 28 f. Monografia (Graduação em Química), Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: https://bit.ly/3GtgRUz. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

BORGES, R. **Avaliação e seleção de novas formulações de iscas tóxicas para *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) em laboratório e em pomares de macieira**. 2011. 74 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, 2011. Disponível em: https://bit.ly/3DSQeqB. Acesso em: 9 de dez. de 2021.

BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. **Rev. Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 16, n. 2, p. 113-118, abr.-jun., 2007. Disponível em: https://bit.ly/3AIgSRe. Acesso em: 20 de set. de 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). **Formulário fitoterápico da farmacopeia Brasileira**. Brasília, 2011. 126 p. Disponível em: https://bit.ly/3Ewfdkm. Acesso em: 20 de set. de 2021.

BRASIL. Fundação Nacional da Saúde (Funasa). **Dengue: instruções para pessoal de combate ao vetor**. Brasília, 2001. 84 p. Disponível em: https://bit.ly/2ZXnbUE. Acesso em: 20 de set. de 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Monitoramento dos casos de arboviroses urbanas causados por vírus transmitidos por *Aedes* (Dengue, Chikungunya e Zika), semanas epidemiológicas 1 a 53, 2020**. Brasília, 2021. 31 p. Disponível em: https://bit.ly/334axVc. Acesso em: 20 de set. de 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Monitoramento dos casos de arboviroses urbanas transmitidas pelo *Aedes* (Dengue, Chikungunya e Zika), semanas epidemiológicas 01 a 52**. Brasília, 2020. 16 p. Disponível em: https://bit.ly/3lEIy4C. Acesso em: 20 de set. de 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Programa nacional de controle da dengue: amparo legal à execução das ações de campo - imóveis fechados, abandonados ou com acesso não permitido pelo morador**. Ed. 2. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: https://cutt.ly/tYRWfQh. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância em saúde no Brasil 2003l2019: da criação da Secretaria de Vigilância em Saúde aos dias atuais**. 2019. 156 p. Disponível em: Acesso em: 8 de dez. de 2021.

BRITO, A. M. G.; RODRIGUES, S. A.; BRITO, R. G.; XAVIER-FILHO, L. Aromaterapia: da gênese a atualidade. **Rev. Brasileira de Plantas Medicinais**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 789-793, 2013. Disponível em: https://bit.ly/3Gs2qQH. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

BÜCKER, A.; BÜCKER, N. C. F.; SOUZA, A. Q. L.; GAMA, A. M.; RODRIGUES-FILHO, E.; COSTA, F. M.; NUNEZ, C. V.; SILVA, A. C.; TADEI, W. P. Larvicidal effects of endophytic and basidiomycete fungus extracts on *Aedes* and *Anopheles* larvae (Diptera, Culicidae). **Rev. da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Minas Gerais, v. 46, n. 4, p. 411-419, jul.-aug., 2013. Disponível em: https://bit.ly/3rSkSha. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

CAMPANELLI, E. S. **O desenvolvimento de um processo de infecção do *Aedes aegypti* pelo vírus dengue: caracterização da interação do vírus com uma população de mosquitos autóctones**. 2007. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde), Fundação Oswaldo Cruz, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: https://bit.ly/3pFF3wk. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

CORRÊA, J.C.R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Rev. Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 13, n. 4, p. 500-506, jul., 2011. Disponível em: https://bit.ly/3EIslDg. Acesso em: 9 de dez. de 2021.

COSTA, J. G. M.; RODRIGUES, F. F. G.; ANGÉLICO, E. C.; SILVA, M. R.; MOTA, M. L.; SANTOS, N. K. A.; CARDOSO, A. L. H.; LEMOS, T. L. G. Estudo químico-biológico dos óleos essenciais de *Hyptis martiusii*, *Lippia sidoides* e *Syzigium aromaticum* frente às larvas do *Aedes aegypti*. **Rev. Brasileira de Farmacognosia**, Ceará, v. 15, n. 4, p. 304-309, out.-dez., 2005. Disponível em: https://bit.ly/3n3amzx. Acesso em: 20 de set. de 2021.

COSTA, J. G. M.; SANTOS, P. F.; BRITO, S. A.; RODRIGUES, F. F. G.; COUTINHO, H. D. M.; BOTELHO, M. A.; LIMA, S. G. Composição química e toxicidade de óleos essenciais de espécies de *Piper* frente a larvas de *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). **Rev. Latin American Journal of Pharmacy**, Buenos Aires, v. 29, n. 3, p. 463-467, out., 2010. Disponível em: https://bit.ly/3InJ4xO. Acesso em: 20 de set. de 2021.

COSTA, R. O. B. **Influência da temperatura e ciclo circadiano na eclodibilidade, desenvolvimento, características celulares e sexo do mosquito *Aedes aegypti***. 2019. 39 f. Monografia (Graduação em Biotecnologia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. Disponível em: https://bit.ly/3yawI7F. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

D'AMATO, C; TORRES, J. P. M.; MALM, O. DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental - uma revisão. **Rev. Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 6, p. 995-1002, mar., 2002. Disponível em: https://bit.ly/3j86qg3. Acesso em: 1 de out. de 2021.

DIAS, C. N. **Avaliação da atividade larvicida em *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) de óleos essenciais de espécies vegetais: um estudo de revisão e bioprospecção**. 2013. 121 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2013. Disponível em: https://bit.ly/3GuLQiX. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

DONALÍSIO M. R.; GLASSER, C. M. Vigilância entomológica e controle de vetores do dengue. **Rev. Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 259-272. 2002. Disponível em: https://bit.ly/3DFOfpe. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

DUTRA, H. L.C. **aspectos biológicos da infecção pelas cepas *w*Mel e *w*MelPop de *Wolbachia* sobre populações naturais de *Aedes aegypti* do Rio De Janeiro**. 2014. 98 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) - Fundação Oswaldo Cruz, Centro de Pesquisas René Rachou, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://bit.ly/3aN6NYN. Acesso em: 1 de out. de 2021.

EMBRAPA. **Controle biológico de pragas da agricultura**. Ed. 1. Brasília: Embrapa, 2020. Disponível em: https://cutt.ly/yYRQ5L2. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

FELIX, M. *et al*. **Insetos: uma aventura pela biodiversidade**. Ed. 1. Rio de Janeiro: Editora Otten, 2010. Disponível em: https://bit.ly/3EwIdsf. Acesso em: 20 de set. de 2021.

FERNANDEZ, C. M. M.; BARBA, E. L.; FERNANDEZ, A. C. M.; CARDOSO, B. K.; BORGES, I. B.; TAKEMURA, O. S.; MARTINS, L. A.; CORTEZ, L. E. R.; CORTEZ, D. A. G.; GAZIM, Z. C. Larvicidal activity of essential oil from *Tetradenia riparia* to control of *Aedes aegypti* larvae in function of season variation. **Rev. Taylor & Francis Group**, Paraná, v. 17, n. 5, p. 813-823, mar., 2014. Disponível em: https://bit.ly/3FSMuaM. Acesso em: 1 de out. de 2021.

FERREIRA, L. C. F. **Avaliação do efeito de novaluron, um inibidor da síntese de quitina, sobre a formação de larvas de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762)**. 2009. 88 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular), Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: https://bit.ly/3rO2ndT. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

FILHA, L. G. F.; SOUZA, A. M. P. Evolução da dengue no mundo. **Rev. Gestão & Tecnologia**, Goiás, v. 1, n. 28, p. 33-50, jan.-jun., 2019. Disponível em: https://bit.ly/3BTK1KE. Acesso em: 20 de set. de 2021.

FLORES, A. V.; RIBEIRO, J. N.; NEVES, A. A.; QUEIROZ, E. L. R. Organoclorados: um problema de saúde pública. **Rev. Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 2, p. 111-125, jul.-dez., 2004. Disponível em: https://bit.ly/3n4f6VR. Acesso em: 1 de out. de 2021.

FONTANELLA, F.; SPECK, F. P.; PIOVEZAN, A. P.; KULKAMP, I. C. Conhecimento, acesso e aceitação das práticas integrativas e complementares em saúde por uma comunidade usuária do Sistema Único de Saúde na cidade de Tubarão/SC. **Rev. Arquivos Catarinenses de Medicina**, Santa Catarina, v. 36, n. 2, p. 69-74, 2007. Disponível em: https://bit.ly/31HoCqR. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

FREITAS, J. R.; OLIVEIRA, M. G. F. M.; FILHO, M. C.; SILVA, F. S. G.; VASCONCELOS, J. M. Modelo de Poisson e suas generalizações aplicadas a dados de dengue, Brasil. **Rev. Research, Society and Development**, Pernambuco, v. 9, n. 10, p. 1-18, out., 2020. Disponível em: https://bit.ly/3vkO8gv. Acesso em: 20 de set. de 2021.

FURTADO, R. F.; LIMA, M. G. A.; NETO, M. A.; BEZERRA, J. N. S.; SILVA, M. G. V. Atividade larvicida de óleos essenciais contra *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). **Rev. Neotropical Entomology**, Ceará, v. 34, n. 5, p. 843-847, set.-out., 2005. Disponível em: https://bit.ly/3n2PnwS. Acesso em: 20 de set. de 2021.

GADELHA, C. S.; JUNIOR, V. M. P.; BEZERRA, K. K. S.; PEREIRA, B. B. M.; MARACUJÁ, P. B. Estudo bibliográfico sobre o uso das plantas medicinais e fitoterápicos no Brasil. **Rev. Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 5, p. 208-212, dez., 2013. Disponível em: https://bit.ly/3pBXyS0. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

GARCIA, L. F. A. **A madeira como fonte de larvicidas naturais contra o *Aedes aegypti*: estudo de revisão e avaliação da atividade larvicida de seis espécies nativas brasileiras**. 2021. 172 f. Dissertação (Doutorado em Tecnologias Química e Biológica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em: https://bit.ly/336ktgK. Acesso em: 9 de dez. de 2021.

GOTTARDO, F. M. **Microencapsulação de óleos essenciais de orégano e canela combinados com ação sobre *Listeria monocytogenes* em produto cárneo**. 2021. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, 2021. Disponível em: https://bit.ly/3p7U7nw. Acesso em: 1 de out. de 2021.

HOSHINO, A. C. H.; PACHECO-FERREIRA, H.; TAGUCHI, C. K.; TOMITA, S.; MIRANDA, M. F. Estudo da ototoxicidade em trabalhadores expostos a organofosforados. **Rev. Brasileira de Otorrinolaringologia**, São Paulo, v. 74, n. 6, p. 912-918, nov.-dez., 2008. Disponível em: https://bit.ly/3BNGbCU. Acesso em: 1 de out. de 2021.

JÚNIOR, C. V. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Rev. Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 390-400, out., 2003. Disponível em: https://bit.ly/3aJX0Tq. Acesso em: 1 de out. de 2021.

LOPES, G.; SILVA, A. F. C. O *Aedes aegypti* e os mosquitos na historiografia: reflexões e controvérsias. **Rev. Tempo e Argumento**, Florianópolis, v. 11, n. 26, p. 67-113, jan.-abr., 2019. Disponível em: https://bit.ly/31QnKjy. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

LUCAS, A. M. **Estudo comparativo de extratos voláteis de eucaliptos geneticamente modificados e não geneticamente modificados**. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: https://bit.ly/3BTInZu. Acesso em: 1 de out. de 2021.

LUZ, A. C. **Diversidade genética de populações de *Bidens pilosa* e *Tithonia diversifolia* no Espírito Santo e respostas do metabolismo primário e secundário sob diferentes condições de fertilização e irrigação**. 2018. 152 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018. Disponível em: https://bit.ly/334q1bB. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

MACHADO, B. F. M. T.; JUNIOR, A. F. Óleos Essenciais: aspectos gerais e usos em terapias naturais. **Rev. Cadernos Acadêmicos**, Tubarão, v. 3, n. 2, p. 105-127, 2011. Disponível em: https://bit.ly/3DLpad0. Acesso em: 20 de set. de 2021.

MACORIS, M. L. G.; ANDRIGHETTI, M. T. M.; WANDERLEY, D. M. V.; RIBOLLA, P. E. M. Impact of insecticide resistance on the field control of *Aedes aegypti* in the State of São Paulo. **Rev. da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, São Paulo, v. 47, n. 5, p. 573-578, set., 2014. Disponível em: https://bit.ly/3GtFyA5. Acesso em: 9 de dez. de 2021.

MARQUES, D. M. **Óleos essenciais de plantas da Caatinga com ação deletéria para o *Aedes aegypti*: uma revisão bibliográfica**. 2020. 45 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: https://bit.ly/3GLrl1V. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

MASCARENHAS, M. D. M.; BATISTA, F. M. A.; RODRIGUES, M. T. P.; BARBOSA, O. A. A.; BARROS, V. C. Ocorrência simultânea de COVID-19 e dengue: o que os dados revelam?. **Cad. De Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 6, p. 1-4, 2020. Disponível em: https://bit.ly/3pFBZjO. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

MESQUITA, F. O. S.; PARENTE, A. S.; COELHO, G. M. P. Agentes comunitários de saúde e agentes de combate a endemias: desafios para controle do *Aedes aegypti*. **Rev. Multidisciplinar e de Psicologia**, v. 11, n. 36, p. 64-77, jul., 2017. Disponível em: https://bit.ly/3vh2ka0. Acesso em: 1 de out. de 2021.

MIRANDA, C. A. S. F.; CARDOSO, M. G.; BATISTA, L. R.; RODRIGUES, L. M. A.; FIGUEIREDO, A. C. S. Óleos essenciais de folhas de diversas espécies: propriedades antioxidantes e antibacterianas no crescimento espécies patogênicas. **Rev. Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 1, p. 213-220, jan.-mar., 2016. Disponível em: https://bit.ly/3paVsdd. Acesso em: 20 de set. de 2021.

MOREIRA, I. M. **Avaliação da suscetibilidade de populações de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) do Distrito Federal à inseticidas e seu controle de qualidade químico**. 2018. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: https://bit.ly/3lTwgpr. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

MORENO, V. G. F. Evocation to the Dr. Carlos J. Finlay Barres on the centennial of his death. **Rev. Colombia Médica**, Colômbia, v. 47, n. 1, p. 63-66, jan.-mar., 2016. Disponível em: https://bit.ly/3DKZHzP. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

NASCIMENTO, A.; PRADE, A. C. K. **Aromaterapia: o poder das plantas e dos óleos essenciais**. Recife: Editora Fiocruz, 2020. Disponível em: https://bit.ly/3dEyJj4. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

NOOR, M; KHAN, A.; REHMAN, F. U.; RASHEED, A. Epidemiology of dengue in Southern Districts of Khyber Pakhtunkhwa. **Rev. Pakistan Journal Of Parasitology**, Paquistão, v. 68, p. 11-21, dez., 2019; Disponível em: https://bit.ly/3j75GaO. Acesso em: 20 de set. de 2021.

OLIVEIRA, A. R. M. F.; JEZLER, C. N.; OLIVEIRA, R. A.; MIELKE, M. S.; COSTA, L. C. B. Determinação do tempo de hidrodestilação e do horário de colheita no óleo essencial de menta. **Rev. Horticultura Brasileira**, Bahia, v. 30, n. 1, p. 155-159, jan.-mar., 2012. Disponível em: https://bit.ly/3AZFoxz. Acesso em: 1 de out. de 2021.

OLIVEIRA, G. L.; CARDOSO, S. K.; JÚNIOR, C. R. L.; VIEIRA, T. M.; GUIMARÃES, E. F.; FIGUEIREDO, L. S.; MARTINS, E. R.; MOREIRA, D. L.; KAPLAN, M. A. C. Chemical study and larvicidal activity against *Aedes aegypti* of essential oil of *Piper aduncum* L. (Piperaceae). **Rev. Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 4, p. 1227-1234, 2013. Disponível em: https://bit.ly/3j45JnV. Acesso em: 1 de out. de 2021.

Organização Mundial da Saúde (OMS). **Report of the seventeenth WHOPES working group meeting**. Genebra, 2014. 55 p. Disponível em: https://bit.ly/3rO5r9X. Acesso em: 9 de dez. de 2021.

PASTRELLO, M. **Avaliação do risco de praguicidas em batata, cenoura e mandioquinha na área de São José do Rio Pardo utilizando o método de QuEChERs por LC-MS/MS**. 2015. 168 f. Dissertação (Mestrado em Toxicologia e Análises Toxicológicas) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: https://bit.ly/3GujZzr. Acesso em: 9 de dez. de 2021.

PEREIRA, A. I. S.; PEREIRA, A. G. S.; SOBRINHO, O. P. L.; CANTANHEDE, E. K. P.; SIQUEIRA, L. F. S. Atividade antimicrobiana no combate as larvas do mosquito *Aedes aegypti*: homogeneização dos óleos essenciais do linalol e eugenol. **Rev. Educación Química**, México, v. 25, n. 4, p. 446-449, set., 2014. Disponível em: https://bit.ly/3n4DWoF. Acesso em: 20 de set. de 2021.

PEREIRA, R. M. **Caracterização da suscetibilidade a inseticidas diamidas e espinosinas em populações de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) do Brasil**. 2017. 26 f. Dissertação (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: https://bit.ly/3aHB7nJ. Acesso em: 1 de out. de 2021.

PIRES, V. C. **Avaliação do potencial larvicida do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* e sua formulação em nanocápsulas poliméricas**. 2019. 107 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia em Saúde e Medicina Investigativa), Fundação Oswaldo Cruz, Salvador, 2019. Disponível em: https://bit.ly/30a9Ok2. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

POLANCZYK, R. A.; GARCIA, M. O.; ALVES, S. B. Potencial de *Bacillus thuringiensis israelensis* Berliner no controle de *Aedes aegypti*. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 37, n. 6, p. 813-816, 2003. Disponível em: https://bit.ly/2YYwCCg. Acesso em: 1 de out. de 2021.

ROCHA, H. D. R. **Perfil de suscetibilidade da população de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) da ilha de Santiago, Cabo Verde, a inseticidas**. 2014. 74 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2014. Disponível em: https://bit.ly/3otaCtV. Acesso em: 1 de out. de 2021.

RUEDA, L. M. Pictorial keys for the identification of mosquitoes (Diptera: Culicidae) associated with dengue virus transmission. **Rev. Zootaxa**, Nova Zelândia, v. 589, p. 1-60, ago., 2004. Disponível em: https://bit.ly/3DHYRUU. Acesso em: 1 de out. de 2021.

SANTANA, H. T.; TRINDADE, F. T. T.; STABELI, R. G.; SILVA, A. A. E.; MILITÃO, J. S. L. T.; FACUNDO, V. A. Essential oils of leaves of *Piper* species display larvicidal activity against the dengue vector, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Rev. Brasileira de Plantas Medicinais**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 105-111, 2015. Disponível em: https://bit.ly/3n3Hozw. Acesso em: 1 de out. de 2021.

SANTOS, A. B. S.; EVERTON, G. O.; JÚNIOR, R. G. O. C.; ROSA, P. V. S.; PEREIRA, A. P. M.; SOUZA, L. S.; SOUZA, L. S.; FONSECA, D.; LIMA, E. C. S.; SOUSA, C. B.; ARRUDA, M. O.; FILHO, V. E. M. Óleos essenciais de *Cinnamomum zeylanicum* Blume e *Plectranthus amboinicus* (lour.) Spreng como agentes larvicidas frente as larvas do *Aedes aegypti.* **Rev. Brazilian Journal of Development**, Paraná, v. 6, n. 4, p. 22355-22369, abr., 2020. Disponível em: https://bit.ly/3j99hVO. Acesso em: 1 de out. de 2021.

SANTOS, F. R.; BRAZ-FILHO, R.; CASTRO, R. N. Influência da idade das folhas de *Eugenia uniflora* L. na composição química do óleo essencial. **Rev. Química Nova**, São Paulo, v. 38, n. 6, p. 762-768, abr., 2015. Disponível em: https://bit.ly/3Ixbm9n. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

SANTOS, J. C. S. **Desenvolvimento de metodologias voltamétricas para determinação simultânea de carbofurano e metomil usando eletrodo de diamante dopado com boro**. 2016. 79 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016. Disponível em: https://bit.ly/3EGcN2I. Acesso em: 9 de dez. de 2021.

SANTOS, L. U. **O uso de predadores no controle biológico de mosquitos, com destaque aos *Aedes***. 2004. 33 f. Dissertação (Mestrado em Parasitologia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004. Disponível em: https://cutt.ly/KYRQ9fn. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

SANTOS, M. A. T.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R. Piretróides - uma visão geral. **Rev. Alimentos e Nutrição Araraquara**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 339-349, jul.-set., 2007. Disponível em: https://bit.ly/3DOonIh. Acesso em: 1 de out. de 2021.

SILVA, A. L. S. **Caracterização e avaliação da atividade larvicida do óleo essencial do *Zingiber officinale Roscoe* (Gengibre) frente ao mosquito *Aedes aegypti***. 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2012. Disponível em: https://bit.ly/3FNwZRn. Acesso em: 1 de out. de 2021.

SILVA, I. M. A. **Mortalidade e comportamento de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) resistente a piretróides exposto ao óleo essencial de *Aristolochia trilobata* L. (Piperales: Aristolochiaceae)**. 2017. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) - Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2017. Disponível em: https://bit.ly/3GuN4uz. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

SILVA, M. V. S. G. **Composição química e atividade larvicida contra *Aedes aegypti* do óleo essencial da *Eugenia calycina***. 2018. 120 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: https://bit.ly/33lfZmR. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

SILVA, T. I.; ALVES, A. C. L.; AZEVEDO, F. R.; MARCO, C. A.; SANTOS, H. R.; ALVES, W. S. Efeito larvicida de óleos essenciais de plantas medicinais sobre larvas de *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). **Rev. Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Paraíba, v. 12, n. 2, p. 256-260, abr.-jun., 2017. Disponível em: https://bit.ly/3FXDIrI. Acesso em: 20 de set. de 2021.

SILVA, W. J. **Atividade larvicida do óleo essencial de plantas existentes no estado de Sergipe contra *Aedes aegypti* Linn**. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2006. Disponível em: https://bit.ly/30fcWeG. Acesso em: 9 de dez. de 2021.

SOUSA, N. A. **Controle de ovos de *Aedes aegypti* com *Metarhizium anisopliae* IP 46 por diferentes técnicas**. 2013. 49 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Tropical e Saúde Pública) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013. Disponível em: https://bit.ly/3IDRtgy. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

SOUZA, S. A. M.; MEIRA, M. R.; FIGUEIREDO, L. S.; MARTINS, E. R. Óleos essenciais: aspectos econômicos e sustentáveis. **Rev. Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 10, p. 1-11, 2010. Disponível em: https://bit.ly/3FQPkgh. Acesso em: 20 de set. de 2021.

STEFFENS, A. H. **Estudo da composição química dos óleos essenciais obtidos por destilação por arraste a vapor em escala laboratorial e industrial**. 2010. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: https://bit.ly/3yeiSRr. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

TAUIL, P. L. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 867-871, mai.-jun., 2002. Disponível em: https://bit.ly/3pKmUgB. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

TAUIL, P. L. Urbanização e ecologia do dengue. **Rev. Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17 (Suplemento), p. 99-102, 2001. Disponível em: https://bit.ly/30y6yiq. Acesso em: 20 de set. de 2021.

TEIXEIRA, M. G.; COSTA, M. C. N.; BARRETO, F.; BARRETO, M. L. Dengue: twenty-five years since reemergence in Brazil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 25 (Suplemento 1), p. S7-S18, 2009. Disponível em: https://bit.ly/31Kn283. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

TRANCOSO, M. D. Projeto óleos essenciais: extração, importância e aplicações no cotidiano. **Rev. Práxis**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 9, p. 89-96, jun., 2013. Disponível em: https://bit.ly/3pOYwuD. Acesso em: 20 de set. de 2021.

VALLE, D.; PIMENTA, D. N.; CUNHA, R. V. **Dengue: teorias e práticas**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2015. Disponível em: https://bit.ly/339eqbz. Acesso em: Acesso em: 1 de out. de 2021.

VASCONCELOS, P. F. C. Febre amarela. **Rev. da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Minas Gerais, v. 36, n. 2, p. 275-293, mar.-abr., 2003. Disponível em: https://bit.ly/3orCXAA. Acesso em: 1 de out. de 2021.

VELOSO, R. A.; CASTRO, H. G.; CARDOSO, D. P.; CHAGAS, L. F. B.; JÚNIOR, A. F. C. Óleos essenciais de manjericão e capim citronela no controle de larvas de *Aedes aegypti*. **Rev. Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Paraíba, v. 10, n. 2, p. 101-105, abr.-mai., 2015. Disponível em: https://bit.ly/3p5R1Rb. Acesso em: 1 de out. de 2021.

VIEIRA, H. P.; NEVES, A. A.; QUEIROZ, M. E. L. R. Otimização e validação da técnica de extração líquido-líquido com partição em baixa temperatura (Ell-Pbt) para piretróides em água e análise por Cg. **Rev. Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 535-540, jan., 2007. Disponível em: https://bit.ly/3oGbStD. Acesso em: 9 de dez. de 2021.

VINHAL, D. C.; SOARES, V. H. C. Intoxicação por organofosforados: uma revisão da literatura. **Rev. Científica FacMais**, Goiás, v. 14, n. 3, p. 61-75, set., 2018. Disponível em: https://bit.ly/3oFbATT. Acesso em: 9 de dez. de 2021.

VIVEIROS, B. C. C. **Estudo bioecológico do *Aedes* (Stegomyia) *aegypti* (Diptera: Culicidae) no arquipélago da madeira**. 2010. 76 f. Dissertação (Mestrado em Parasitologia Médica) **-** Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2010. Disponível em: https://cutt.ly/6YRWpxD. Acesso em: 8 de dez. de 2021.

ZARA, A. L. S. A.; SANTOS, S. M.; FERNANDES-OLIVEIRA, E. S.; CARVALHO, R. G.; COELHO, G. E. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. **Rev. Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Goiânia, v. 25, n. 2, p. 391-404, abr.-jun., 2016. Disponível em: https://bit.ly/3y0Wf39. Acesso em: 20 de set. de 2021.

CAPÍTULO 3

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO PROCESSO DE GLICOGENÓLISE E GLICOGÊNESE EM MOSQUITO *CULEX QUINQUEFASCIATUS*

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 03/12/2021

Heloísa da Silva Baldinotti
Tangará da Serra – Mato Grosso
http://lattes.cnpq.br/3241179595805270

André Franco Cardoso
Tangará da Serra – Mato Grosso
http://lattes.cnpq.br/9189702060026110

Ceres Maciel de Miranda
Tangará da Serra – Mato Grosso
http://lattes.cnpq.br/7247041071296112

RESUMO: *Culex quinquefasciatus* (Díptera, Culicidae) é o principal vetor da filariose linfática no Brasil, também é vetor de neurovírus como o causador da febre do Oeste do Nilo (De Filette et al., 2012) e o agente da encefalite equina, entre outros (Solomon e Mallewa, 2001; Turtle et al., 2012). Sua sobrevivência depende da ingestão de açúcares obtidos do néctar das plantas, porém, para que o ciclo reprodutivo se complete, é necessário que a fêmea se alimente de sangue que, rico em proteínas, é essencial para a maturação dos ovos e a conclusão do ciclo gonotrófico. O glicogênio é a principal molécula de reserva energética encontrada nas células animais, é um polissacarídeo composto por moléculas de glicose unidas entre si por ligações denominadas glicolíticas. A síntese e degradação das moléculas de glicogênio envolvem uma ação combinada de um conjunto de enzimas, com os principais controles operacionais sobre as atividades das enzimas glicogênio sintase (GS) e glicogênio fosforilase (GP), respectivamente (Tang et al., 2012). O objetivo deste trabalho foi a analise bioinformática das enzimas GS e GF. As análises por bioinformática foram realizadas utilizando os programas Bioedit, MEGA 6 e VectorBase. As sequências de nucleotídeos e aminoácidos das enzimas GS e glicogênio GF de *C. quinquefasciatus* foram obtidas no banco de dados VectorBase com a identificação CPIJ005086 e CPIJ004776, respectivamente. Os resultados obtidos durante a realização deste trabalho permitiram a caracterização das enzimas envolvidas na síntese e degradação do glicogênio de *C. quinquefasciatus* utilizando ferramentas de bioinformática. A composição aminoacídica das enzimas GS e da GF de *C. quinquefasciatus* mostrou semelhança com a de outros dípteros. A árvore filogenética para ambas enzimas separaram as sequências de mosquitos em um ramo único.

PALAVRAS-CHAVE: *Culex quinquefasciatus*. Enzimas. Glicogênio. Bioinformática.

PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF GLYCOGENOLYSIS AND GLYCOGENESIS PROCESS IN *CULEX QUINQUEFASCIATUS*

ABSTRACT: *Culex quinquefasciatus* (Diptera, Culicidae) is the main vector of lymphatic filariasis in Brazil, it is also a neuroviruses' vector, the cause of West Nile fever (De Filette et al., 2012) and the agent of equine encephalitis, among others (Solomon and Mallewa, 2001; Turtle et al., 2012). Its survival depends on the ingestion of sugars

obtained from the nectar of plants, however, for the reproductive cycle to be completed, it is necessary that the female feeds on blood that, rich in proteins, is essential for the maturation of eggs and the conclusion of the gonotrophic cycle. Glycogen is the main energy reserve molecule found in animal cells, it is a polysaccharide composed of glucose molecules joined together by bonds called glycolytic. The synthesis and degradation of glycogen molecules involve a combined action of a set of enzymes, with the main operational controls over the activities of the glycogen synthase (GS) and glycogen phosphorylase (GP) enzymes, respectively (Tang et al., 2012). The objective of this work was the bioinformatics analysis of GS and GF enzymes. Bioinformatics analyzes were performed using Bioedit, MEGA 6 and VectorBase programs. The nucleotide and amino acid sequences of the GS and GF glycogen enzymes from *C. quinquefasciatus* were obtained from the VectorBase database, identified as CPIJ005086 and CPIJ004776, respectively. The results obtained during this work allowed the characterization of the enzymes involved in the synthesis and degradation of *C. quinquefasciatus* glycogen using bioinformatics tools. The amino acid composition of the GS and GF enzymes from *C. quinquefasciatus* showed similarity with that of other dipterans. The phylogenetic tree for both enzymes separated the mosquito sequences into a single branch.
KEYWORDS: *Culex quinquefasciatus.* Enzymes. Glycogen. Bioinformatics.

1 I INTRODUÇÃO

Culex quinquefasciatus (Díptera, Culicidae) é um mosquito cosmopolita, altamente antropofílico e completamente adaptado às condições urbanas, já que suas larvas são capazes de se desenvolverem em coleções de águas altamente poluídas. Seu zumbido causa grande incômodo noturno e suas picadas podem causar alergias (Malafronte et al., 2003). Principal vetor da filariose linfática no Brasil, também é vetor de neurovírus como o causador da febre do Oeste do Nilo (De Filette et al., 2012) e o agente da encefalite equina, entre outros (Solomon e Mallewa, 2001; Turtle et al., 2012).

O seu ciclo de vida inicia-se em coleções de água parada onde as fêmeas depositam seus ovos agrupados em forma de jangada. Dos ovos eclodem as larvas que passam por quatro estágios (L1 à L4), transformando-se em pupas. Destas emergem os adultos alados que passam a viver no meio terrestre. Sua sobrevivência depende da ingestão de açúcares obtidos do néctar das plantas, porém, para que o ciclo reprodutivo se complete, é necessário que a fêmea se alimente de sangue que, rico em proteínas, é essencial para a maturação dos ovos e a conclusão do ciclo gonotrófico. Durante a maturação dos ovos grandes quantidades de lipídios e proteínas são incorporadas, sendo os carboidratos (glicogênio) detectados somente ao final do processo vitelogênico, em menores concentrações (Briegel, et al., 2003).

O glicogênio é a principal molécula de reserva energética encontrada nas células animais, é um polissacarídeo composto por moléculas de glicose unidas entre si por ligações denominadas glicolíticas. No músculo maior parte ou todo o glicogênio pode ser dedicado a função energética já, em outros órgãos, como o corpo gorduroso, uma grande

parte do glicogênio é exportado como trealose que pode vir a ser oxidado para fornecer energia ou utilizados na síntese de quitina ou outras moléculas (Steele, 1982). A síntese e degradação das moléculas de glicogênio envolvem uma ação combinada de um conjunto de enzimas, com os principais controles operacionais sobre as atividades das enzimas glicogênio sintase (GS) e glicogênio fosforilase (GP), respectivamente (Tang et al., 2012).

Em *C. quinquefasciatus* foi observado acúmulo de glicogênio no final do processo vitelogênico (Cardoso et al., 2010). Ovários 84 h após a alimentação sanguínea (aas) apresentaram grânulos de glicogênio juntamente com inclusões lipídicas e grânulos de vitelogenina. Em outro importante mosquito, *Aedes aegypti*, foi observado também à incorporação de glicogênio ao final da vitelogênese (entre 36 e 48 h aas – Briegel et al., 2003). Em *C. quinquefasciatus*, o glicogênio parece ser importante para manter a viabilidade dos ovócitos após a coriogênese e antes da oviposição (Van Handel, 1992; 1993).

2 | MATERIAL E MÉTODO

As análises por bioinformática foram realizadas utilizando os programas Bioedit (http://www.mbio.ncsu.edu/BioEdit/bioedit.html), MEGA 6 (http://www.megasoftware.net/) e VectorBase (www.vectorbase.org/content/welcome-vectorbase). As sequências de nucleotídeos e aminoácidos das enzimas glicogênio sintase (GS) e glicogênio fosforilase (GF) de *C. quinquefasciatus* foram obtidas no banco de dados VectorBase com a identificação CPIJ005086 e CPIJ004776, respectivamente.

3 | RESULTADOS

A enzima GS é composta por 694 aminoácidos e a GF é composta por 842 aminoácidos apresentando ponto isoelétrico de 6,64 e 6,30 respectivamente. O peso molecular destas enzimas são de aproximadamente 79,52 kDa e 96,64 kDa. A composição aminoacídica da GS e GF é mostrada nas figuras 1 e 2. Podemos observar alta similaridade (em % de AAs) entre as sequencias depositadas, para ambas as enzimas, nos diferentes gêneros de insetos.

	Ala	Cys	Asp	Glu	Phe	Gly	His	Ile	Lys	Leu	Met	Asn	Pro	Gln	Arg	Ser	Thr	Val	Trp	Tyr
Culex quinquefasciatus (CPIJ005086)	6,05	1,73	5,19	7,78	5,04	5,76	4,18	5,76	4,76	8,21	1,30	5,19	4,47	2,88	6,48	7,06	5,48	6,63	1,30	4,76
Aedes aegypti (XP 001648704.1)	6,47	2,01	5,47	7,48	5,32	6,19	4,32	5,04	4,75	8,20	1,44	5,18	4,46	3,02	6,47	6,19	5,61	6,47	1,29	4,60
Aedes albopictus (XP 019565278.1)	6,47	2,01	5,47	7,48	5,32	6,04	4,17	5,04	4,89	8,20	1,44	5,61	4,46	3,02	6,33	6,19	5,47	6,47	1,29	4,60
Anopheles darlingi (ETN67493.1)	6,63	1,87	5,04	7,64	5,48	5,76	3,89	5,91	4,47	7,35	1,73	5,48	4,32	3,46	6,77	5,76	5,91	6,63	1,30	4,61
Anopheles gambie (XP 312352.3)	6,50	1,88	5,35	7,51	5,35	5,78	4,19	5,78	4,48	7,23	1,73	5,06	4,34	3,32	6,65	6,21	5,92	6,65	1,30	4,77
Drosophila melanogaster (NP 731967.2	6,06	1,55	6,06	7,33	5,78	5,92	3,67	5,92	4,51	8,18	2,68	5,36	3,95	2,96	7,33	5,92	5,50	6,06	1,27	3,95
Musca domestica (AFP62022)	5,52	1,74	6,24	7,26	5,22	6,68	3,63	6,24	4,64	8,56	2,18	4,50	4,21	2,90	7,11	6,39	5,37	5,95	1,31	4,35
Homo sapiens (AAA88046.1)	7,46	1,90	5,29	7,60	5,56	5,97	2,71	3,39	3,93	9,63	2,04	4,34	5,29	2,99	7,06	7,60	5,70	5,83	1,90	3,80

Figura 1 - Composição aminoacídica da enzima glicogênio sintase (GS) em diferentes gêneros.

	Ala	Cys	Asp	Glu	Phe	Gly	His	Ile	Lys	Leu	Met	Asn	Pro	Gln	Arg	Ser	Thr	Val	Trp	Tyr
Culex quinquefasciatus (CPIJ004776-RA)	6,65	1,07	6,41	6,89	4,04	6,06	2,26	6,77	6,89	8,67	2,85	6,06	4,28	4,16	4,99	4,75	4,51	6,06	1,66	4,99
Aedes aegypti (XP 001650265.1)	6,65	0,95	6,86	6,51	4,02	6,04	2,13	7,46	6,63	8,64	2,84	6,27	4,26	3,79	5,33	4,85	4,38	5,33	1,54	5,21
Aedes albopictus (XP 019561064.1)	6,65	1,07	6,63	6,75	4,02	6,04	2,25	7,46	6,51	8,64	2,72	6,15	4,26	3,79	5,44	4,38	4,50	5,33	1,54	5,21
Anopheles darlingi (ETN62232.1)	6,65	1,31	6,29	6,77	3,80	6,18	1,90	7,36	6,18	8,79	2,61	5,94	4,39	4,75	5,70	4,51	4,04	5,82	1,78	5,23
Anopheles gambiae (XP 317541.3)	6,65	1,07	6,41	6,77	4,04	6,06	1,90	7,36	6,53	8,67	2,61	5,94	4,51	4,51	5,58	4,39	4,16	5,94	1,66	5,11
Drosophila melanogaster (NP 722762.1)	6,65	0,83	6,28	6,99	3,79	5,81	2,25	6,99	6,99	9,00	2,96	6,99	4,38	3,91	5,09	4,15	4,03	5,69	1,66	4,98
Musca domestica (XP 005189404.1)	6,65	0,83	6,16	6,87	3,91	5,92	2,13	7,11	7,11	8,77	3,08	6,75	4,38	3,91	5,09	4,03	3,91	5,69	1,66	5,09
Homo sapiens (AAC18079.1)	6,65	0,83	6,26	7,20	4,72	5,79	2,24	6,61	7,56	9,92	2,72	6,02	3,78	3,42	5,08	4,25	4,60	6,61	1,42	4,13

Figura 2 – Composição aminoacídica da enzima glicogênio fosforilase (GF) em diferentes gêneros.

As árvores filogenéticas são mostradas nas figuras 3 e 4. Elas foram realizadas no programa MEGA 6, usando o algoritimo Bootstrap com o mêtodo do Neighbor-Joining. A árvore correspondente as análises da sequência da enzima glicogênio sintase (Fig. 3), as espécies de *C.* q*uinquefasciatus* e *Aedes sp*. formam um grupo irmão, devido ao alto nível de similaridade entre as sequências. Interessantemente, a análise da árvore filogenética para a enzima glicogênio fosforilase (Fig. 4), mostrou uma maior similaridade entre as sequencias de *Aedes sp*. e *Anopholes sp*. A sequência da GF de *C. quinquefasciatus* apresentou-se como grupo irmão das sequencias das outras espécies de mosquito.
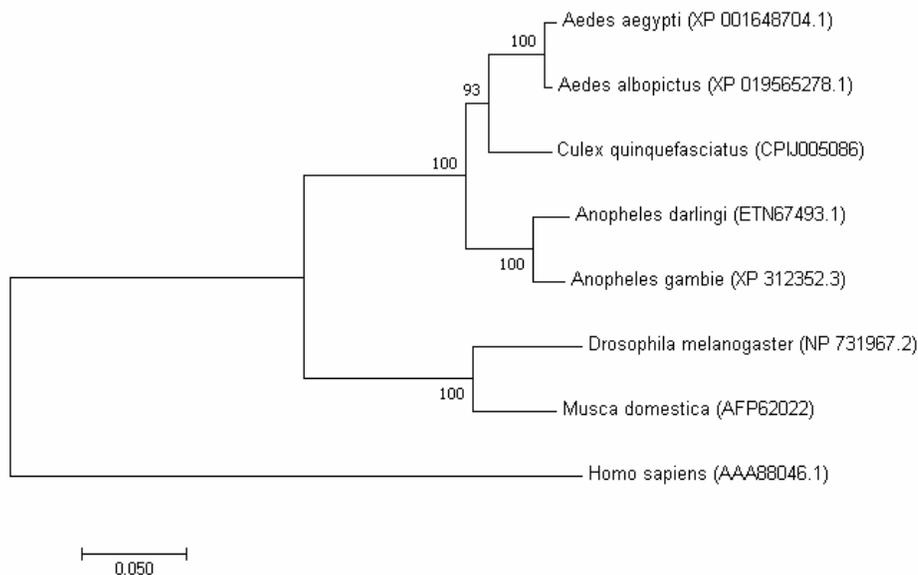
Figura 3- Representação gráfica da análise filogenética do glicogênio sintase (GS) em diferentes gêneros.
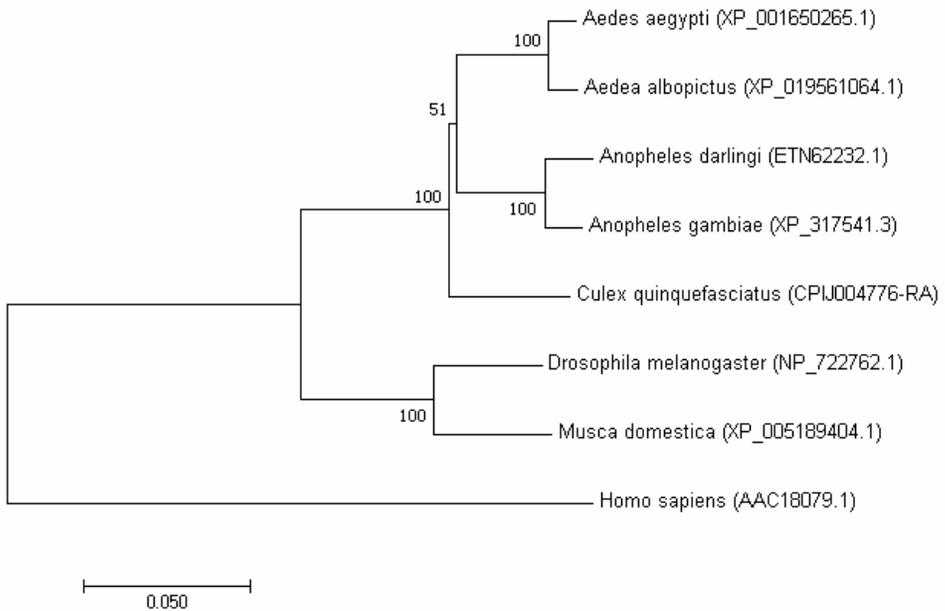
Figura 4- Representação gráfica da análise filogenética do glicogênio fosforilase (GF) em diferentes gêneros.

Para complementar estas informações, inclusões de mosquitos inteiros em parafina/historesina estão sendo realizadas. Os cortes e a coloração específica para a identificação dos carboidratos (coloração ácido periódico-Schiff) serão realizados para observar em qual estágio de desenvolvimento do mosquito existe um maior armazenamento de glicogênio e, em qual(is) tecidos(s).

4 I CONCLUSÃO

Os resultados obtidos durante a realização deste trabalho permitiram a caracterização das enzimas envolvidas na síntese e degradação do glicogênio de *C. quinquefasciatus* utilizando ferramentas de bioinformática. A composição aminoacídica das enzimas GS e da GF de *C. quinquefasciatus* mostrou semelhança com a de outros dípteros (Figs 1 e 2). A árvore filogenética para ambas enzimas (Figs 3 e 4) separaram as sequências de mosquitos em um ramo único.

REFERÊNCIAS

BRIEGEL, H.; GUT, T.; LEA, A.O. Sequential deposition of yolk components during oogenesis in an insect, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). J. Insect Physiol. vol. 49, p. 249-60, 2003.

CARDOSO, A.F., CRES, R.L, MOURA, A., DE ALMEIDA, F., BIJOVSKY, A.T. 2010. *Culex quinquefasciatus* vitellogenesis: morphological and biochemical aspects. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, 105: 254-62.

SOLOMON T., MALLEWA M. Dengue and Other Emerging Flaviviruses. J.Infect , v. 42(2) , 104–115. 2001.

STEELE, J. E. Glycogen phosphorylase in insects. Insect Biochem, v. 12, n. 2, p. 131-147, 1982.

TANG B, XU Q, ZOU Q, FANG Q, WANG S, YE G. Sequencing and characterization of glycogen synthase and glycogen phosphorylase genes from Spodoptera exigua and analysis of their function in starvation and excessive sugar intake. Arch Insect Biochem Physiol. Jun;80(1):42-62. 2012.

TURTLE L, GRIFFITHS MJ, SOLOMON T. Encephalitis caused by flaviviruses. QJM. 105(3):219-23. 2012.

VAN HANDEL, E. Postvitellogenenic metabolism of the mosquito (*Culex quinquefasciatus*) ovary. J. Insect Physiol. vol. 38. p. 75-79, 1992.

VAN HANDEL, E. Fuel metabolism of the mosquito (*Culex quinquefasciatus*) embryo. J. Insect Physiol. vol. 39. p. 831-833, 1993.

CAPÍTULO 4

CUPINS DE UMA FLORESTA PRIMÁRIA NO MUNICÍPIO DE JURUTI, PARÁ, BRASIL

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 18/11/2021

Maria Lucia Jardim Macambira
Museu Paraense Emílio Goeldi, Coordenação de Zoologia
Belém, Pará, Brazil
http://lattes.cnpq.br/4220821277313613

Daniel Gonçalves Jardim
Instituto Federal do Pará/Campus Laranjal do Jari
http://lattes.cnpq.br/0031679064176817

Higor Jardim Macambira
Programa de Pós-graduação Instituto Tecnológico Vale
Belém, Pará, Brazil
http://lattes.cnpq.br/7257180001724329

RESUMO: Esta é a primeira lista de térmitas para a região de Juruti, estado do Pará, Brasil, na área de operação do Projeto Alcoa/Juruti para exploração de bauxita. Um total de 37 espécies de cupins foram registradas. São apresentadas a classificação dos cupins em grupos tróficos e hábito alimentar.
PALAVRAS-CHAVE: Isoptera, Juruti, grupos tróficos.

TERMITES FROM THE PRIMARY FOREST OF JURUTI, STATE OF PARA, BRAZIL

ABSTRACT: This is the first list of termite species for the region of Juruti, state of Pará, Brazil, in the area of operation of the Juruti/Alcoa Project for bauxite exploration. A total of 37 species were registered. The classification of trophic groups and feeding habits are presented.
KEYWORDS: Isoptera, Juruti, trophic groups.

INTRODUÇÃO

Os cupins são insetos sociais mais conhecidos por sua importância como pragas madeira e material celulósico do que por sua ação benéfica para o solo. A atividade detritívora e a capacidade de degradar a celulose fazem deles um dos principais grupos de insetos responsáveis pelos processos de ciclagem de nutrientes, formação e regeneração de solos, além de sua contribuição para a sobrevivência de outros organismos (Eggleton et al . 1996; Fontes, 1998; Constantino e Schlemmermeyer, 2000). Por sua facilidade adaptativa, os cupins ocupam a maior parte do mundo e hoje são conhecidas 3000 espécies, com apenas 10% delas sendo reconhecidas como pragas (Constantino, 2005, 2014; Krishna et al. 2013). No Brasil, quatro famílias são conhecidas: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae, sendo esta última a maior, com cerca de 70% das espécies registradas. Os cupins exploram diversos recursos alimentares, incluindo madeira, folhas, húmus e líquens. São classificados em grupos tróficos, de acordo com o uso de materiais de alimentação (Eggleton et

al. 1995; Reis e Cancello, 2007; Constantino, 2014). Apesar dos avanços no estudo desses insetos, o conhecimento sobre a biologia de muitas espécies ainda é insuficiente, com obstáculos para classificá-los em diferentes grupos.

O objetivo do estudo foi conhecer as espécies de cupins em área de floresta sob influência do Projeto Juruti/Alcoa no município de Juruti, estado do Pará, Brasil, antes da exploração de bauxita.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em área de floresta primária no município de Juruti, estado do Pará, Brasil (02º09 '09" S; 56º05' 42" W) pertencente ao Projeto Juruti / Alcoa, destinado à exploração de bauxita. As amostragens foram realizadas a cada quinze dias nos meses de novembro, dezembro/2007; Janeiro, fevereiro, julho e dezembro/2008. Seis transectos foram demarcados em 18 localidades de floresta primária, a 100 m de distância um do outro; cada transecto foi subdividido em cinco partes de 5 x 2 m, com espaçamento de 10 m entre elas, perfazendo um total de 30 parcelas por localidade. Para uma escala de tempo padrão, cada parte foi explorada por uma hora por coletor. Uma distância de 200 m da borda da floresta foi mantida para evitar o efeito de borda. Os cupins foram procurados em todos os lugares possíveis dentro das parcelas, incluindo solo, folhas, troncos caídos, troncos mortos, casca de árvore, pedras, galhos caídos, raízes expostas e galerias em árvores até 1, 5 m de altura. O grupo trófico e o hábito alimentar foram observados no campo e complementados com informações da literatura (Eggleton et al.1995; Constantino, 2014), sendo classificados como alimentadores xilófagos (espécies que se alimentam preferencialmente de madeira seca), Humívoros (se alimentam de húmus e matéria orgânica no solo), Intermediário (que se alimentam de matéria orgânica em alto estado de decomposição ou não se encaixam em nenhum dos outros grupos). Todo o material coletado está depositado na Coleção Entomológica do Museu Goeldi, em Belém, Pará, Brasil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um total de 384 lotes de cupins foram coletados, pertencentes a três famílias, 29 gêneros e 36 espécies. A família Termitidae registrou 86,1% das espécies (31). Rhinotermitidae com quatro espécies ou 11,1%. Kalotermitidae foi a família menos representada (2,77%) com apenas uma espécie. O gênero mais abundante e mais diversificado foi *Nasutitermes*. As espécies mais bem representadas foram *Heterotermes tenuis*, *Nasutitermes corniger* e *Embiratermes neotenicus*. Quanto ao grupo trófico, as espécies xilófagas (22) foram predominantes, pois são aquelas capazes de utilizar a celulose em diferentes formas, desde a madeira preservada até a madeira em vários estágios de decomposição. *Heterotermes*

tenuis foi encontrada em todos os pontos de coletas. Esta espécie é considerada praga de madeira e plantações e possui ampla distribuição geográfica. Eles são encontrados no solo, em madeiras e em ninhos de outras espécies de cupins, especialmente *Cornitermes*. De grande importância econômica *Nasutitermes corniger* é uma das pragas mais comuns na região. *Embiratermes neotenicus* apesar de pertencer ao grupo trófico Intermediário, foi a terceira espécie mais freqüente. Quanto ao hábito alimentar a maior parte das espécies foi classificada como consumidora de madeira em decomposição.

REFERÊNCIAS

Constantino, R. 2005. Padrões de diversidade e endemismo de térmitas no bioma Cerrado. In: A.O. SCARIOT, J.C.S. SILVA & J.M. FELFILI (Eds.) Biodiversidade, Ecologia e Conservação do Cerrado, p. 319-333. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

Constantino, R. 2014. Cupins do Cerrado. Technical Books Ed., Rio de Janeiro. 167 p.

Constantino, R. Schemmermeyer, T. 2000. Cupins (Insecta:Isoptera) In: C.J.R.Alho (Ed.) Fauna silvestre da região do Rio Manso – MT, p. 129-151. IBAMA/ELETRONORTE, Brasília. XIV Congresso de Ecologia 1

Eggleton , P.; Bignell, D.E.; Sands, W.A.; Waite, B.; Wood, T.G. & Lawton, J.H. 1995. The species richness (Isoptera) under differing levels of forest disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. Journal of Tropical Ecology, 11: 85-98.

Eggleton, P.; Bignell, D.E.; Sands, W.A., Mawdsley, N.A.; Lawton, J.H.; Wood, T.G. & Bignell, N.C. 1996. The diversity, abundance and biomass of termites under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 351: 51-68.

Fontes, L.R.1998.Considerações sobre a complexidade da interação entre o cupim subterrâneo Coptotermes havilandi e arborização no ambiente urbano. In: Fontes, L.R. e Berti Filho, E. (Eds.) Cupins. O desafio do conhecimento, 110-124. Fealq, Piracicaba, SP.

Krishna, K.; Grimaldi, D.A.; Krishna, V.; Engel, M.S. 2013. Treatise on the Isoptera of the worls. Bulletin of the American Museum of Natural History, 377(1-7): 1-2704

Reis, Y. T. & Cancello, E.M. 2007. Riqueza de cupins (Insecta, Isoptera) em áreas de Mata Atlântica primária e secundária do sudeste da Bahia. Iheringia, Ser. Zool., 97(3): 229-234.
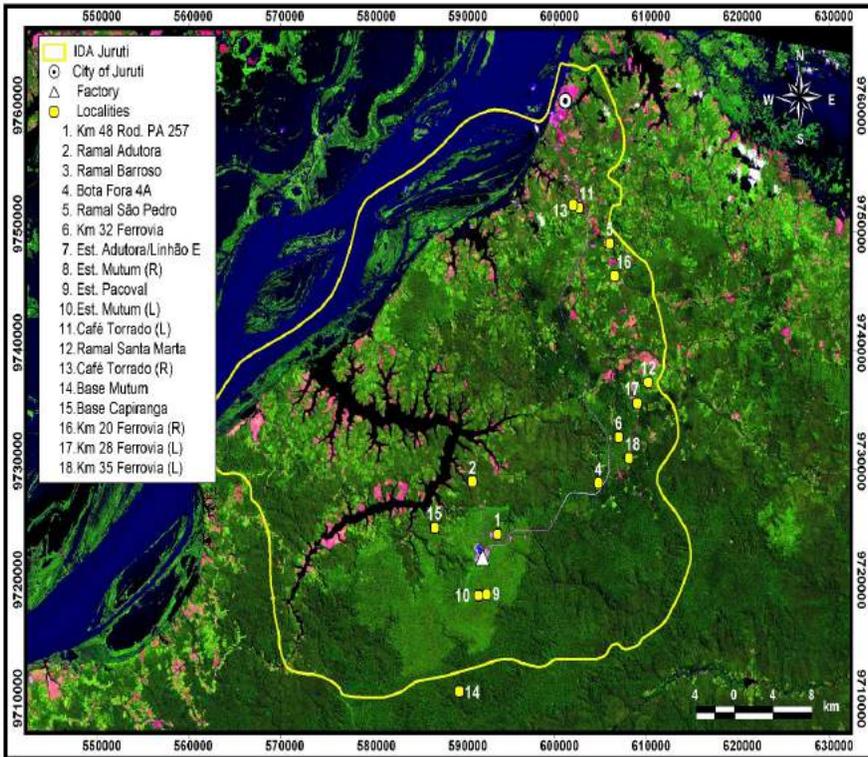
Figura 1. Localização dos pontos de coletas de cupins em Juruti, Para, Brazil

Amostra	LOCALIDADE	COORDENADAS
1	Km 48 Rodovia PA 257	02º29’29,9”S e 56 º09’22,2”W
2	Ramal da Adutora	02º27’08,4”S e 56º10’53,3”W
3	Ramal Barroso	04º00’00,0”S e 57º39’22,5”W
4	Bota Fora 4A	02º27’11,3”S e 56º03’25,7”W
5	Ramal São Pedro	02º16’13,8”S e 56º03’16,9”W
6	Km 32 acesso ferrovia	02º25’04,8”S e 56º02’14,6”W
7	Estrada Adutora/Linhão E	02º29’44,6”S e 56º10’30,6”W
8	Estrada do Mutum (R)	02º32’45,0”S e 56º11’20,9”W
9	Estrada do Pacoval	02º32’19,1”S e 56º10’01,6”W
10	Estrada do Mutum (L)	02º32’20,8”S e 56º10’31,9”W
11	Café Torrado (L)	02º14’35,0”S e 56º04’34,4”W
12	Ramal Santa Marta	02º22’33,7”S e 56º00’30,6”W
13	Café Torrado (R)	02º14’27,2”S e 56º04’56,3”W
14	Mutum (Base)	02º36’45,8”S e 56º11’38,3”W

15	Base Capiranga	02º29'12,0"S e 56º02'28,8"W
16	Estrada Ferrovia Km 20 (R)	02º17'43,9"S e 56º12'39,1"W
17	Estrada Ferrovia Km 28 (L)	02º23'33,2"S e 56º01'08,2"W
18	Estrada Ferrovia Km 35 (L)	02º26'05,6"S e 56º01'37,8"W

Tabela 1 – Localidades e coordenadas geográficas na área de estudo em Juruti, Pará, Brasil

Espécies	**Localidades**	**Grupo Trófico**	**Hábito Alimentar**
Kalotermitidae			
Neotermes sp	2	Xy	w
Rhinotermtidae			
Coptotermes testaceus (Linnaeus, 1758)	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,15, 18	Xy	w, wd
Dolichorhinotermes longilabius (Emerson, 1925)	2, 5	Xy	w
Heterotermes tenuis (Hagen, 1858)	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13, 14,15, 16, 17 16, 17	Xy	w
Rhinotermes marginalis (Linnaeus, 1758)	1,2	Xy	wd
Termitidae			
Apicotermitinae			
Anoplotermes sp 1	1,2,3	Hu	hum
Anoplotermes sp 2	5,6,8,9,15,16, 18	Hu	hum
Nasutitermitinae			
Atlantitermes osborni (Emerson, 1925)	1,2,4,5,7,8,9,12,14, 17, 18	Hu	hum
Caetetermes taquarussu Fontes, 1981	2,5,6	Hu	hum
Cortaritermes silvestrii (Holmgren, 1910b)	1,2,4,8	Xy	w
Diversitermes aporeticus Mathews, 1977	2,9	Xy	wd, li
Diversitermes diversimiles (Silvestri, 1901)	5,6	Xy	wd, li
Nasutitermes corniger (Motschulsky, 1855)	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13,14, 15,16, 17,18	Xy	w
Nasutitermes octopilis Banks, 1918	1,2,7,9	Xy	w
Nasutitermes surinamensis (Holmgren, 1910b)	1,2,3,4,7,8,9,11,12,13,14	Xy	w
Nasutitermes sp 1	1,2,5,6,9,14	Xy	w
Rotunditermes bragantinus (Roonwal & Rathore, 1976)	1,2,4,5,6,9,12, 18	Xy	w
Subulitermes baileyi (Emerson, 1925)	1,5	Hu	hum

Triangularitermes triangulariceps Mathews, 1977	1,3	Int	wd, hum
Syntermitinae			
Cornitermes cumulans (Kollar in Pohl, 1832)	2,4,5,6,7,8,9,12,13,14, 17, 18	Xy	wd,li
Cornitermes ovatus Emerson, 1952	3,4,12	Xy	wd, li
Cyrilliotermes angulariceps (Mathews, 1977)	2,9	Hu	hum
Embiratermes neotenicus (Holmgren, 1906)	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15,16	Int	wd,hum,li
Labiotermes labralis (Holmgren, 1906)	1,2, 5,15	Hu	hum
Silvestritermes euamignathus (Silvestri, 1901)	3,6,13,15,	Xy	wd
Silvestritermes holmgreni (Snyder, 1926a)	1,2,3,4,5,6,7,11,12	Xy	wd
Termitinae			
Amitermes excellens Silvestri, 1923	1,4,	Xy	wd
Cavitermes tuberosus (Emerson, 1925)	1,2,3,4,5,6,11,14	Hu	hum
Crepititermes verruculosus (Emerson, 1925)	6,15	Hu	hum
Cylindrotermes parvignathus Emerson in Snyder, 1949	5,14	Xy	wd, li
Microcerotermes strunckii (Soerensen, 1884)	1,2,3,4,5,6,7,8,11,13,14,15, 16, 17	Xy	w
Neocapritermes braziliensis (Snyder, 1926a)	1,2,4,12	Xy	wd
Planicapritermes planiceps (Emerson, 1925)	1,2,3,5,9,11	Xy	w
Spinitermes longiceps Constantino, 1991a	5	Hu	hum
Termes fatalis Linnaeus, 1758	1,3,4,5,6,8,11,12,14,15	Int	wd, hum
Termes medioculatus Emerson in Snyder, 1949	1,2,5,6,7,12,14,15	Int	wd, hum

Tabela 2. Termitas de Juruti, estado do Pará, Brasil. Localidades como mostrado na Tabela 1. Grupo trófico: Xy = xylofagos; Hu = Humivoros; Int.= Intermediário. Hábito alimentar: w= madeira; wd=madeira em decomposição; hum=humus; li=litter

SOBRE OS ORGANIZADORES

CLÉCIO DANILO DIAS DA SILVA - Doutorando em Sistemática e Evolução pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pela UFRN. Especialista em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). Especialista em Educação Ambiental e Geografia do Semiárido pelo IFRN. Especialista em Gestão Ambiental pelo IFRN. Graduado em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Facex (UNIFACEX). Graduado em Pedagogia pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER). Tem vasta experiência em Zoologia de Invertebrados, Ecologia aplicada; Educação em Ciências e Educação Ambiental. Áreas de interesse: Fauna Edáfica; Taxonomia e Ecologia de Collembola; Ensino de Biodiversidade e Educação para Sustentabilidade.

HENRIQUE RAFAEL PONTES FERREIRA - Doutorando em Biologia Animal pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Biologia Parasitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Graduação em Ciências Biológicas pela na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Tem experiência nas áreas da Entomologia Forense e Médica, com foco em criação de insetos em laboratório, testes comportamentais e ensaios biológicos, Vigilância e Controle de Insetos Vetores (mosquitos e flebotomíneos) e no desenvolvimento de projetos na área da Educação em Saúde. Áreas de interesse: Entomologia Médica, Parasitologia, Bioestatística, Ecologia de moscas de importância forense e Educação em Saúde.

ÍNDICE REMISSIVO